

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA ENERGETIKY

Návrh tepelné solární soustavy pro ohřev pitné a bazénové vody

Proposal for Solar Thermal System for Heating Drinking Water and Swimming Pool Water

Autor práce:

Lukáš Pustka

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek,
Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Pustka**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: **Návrh tepelné solární soustavy pro ohřev pitné a bazénové vody**
Proposal for Solar Thermal System for Heating Drinking Water and Swimming Pool Water
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte solární soustavu pro celoroční ohřev či přehřev pitné vody v rodinném domě obývaném 4 osobami a ohřev bazénové vody pro venkovní, sezónně provozovaný bazén. Práce bude obsahovat:

1. Rešerši na téma typy solárních soustav pro ohřev pitné a bazénové vody.
2. Návrh soustavy, způsobu jejího provozování, dispoziční řešení.
3. Stanovení měsíčních a ročních zisků.
4. Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska.
5. Grafickou část - schéma zapojení.


Seznam doporučené odborné literatury:

CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
TURNER, W. C. *Energy Management Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s. ISBN 0-13-728098-X.
MATUŠKA, T. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. 194 s. ISBN 978-80-02-02186-5.
MATUŠKA, T. *Solární zařízení v příkladech*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-3525-2.
VRTEK, M. *Sluneční energie*. [online] Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2012. 111 s. [vid. 2016-10-10].
Dostupné z: http://fs1.vsb.cz/361/vyuka/vrt/AOZE/AOZE_FAST/ESF_Solarni_energie_Vrtek.pdf


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016
Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15.5.2017



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš Pustka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Palkovice, Myslík 16
73941 Palkovice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PUSTKA L. Návrh tepelné solární soustavy pro ohřev pitné a bazénové vody. Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2017. (64) s. Vedoucí práce: Vrtek, M.

V bakalářské práci se zabírám problematikou návrhu solárního systému pro rodinný dům s možností příhřevu bazénové vody. V úvodu se věnuji rešerši v oblasti solárních systémů, popisu všech jejich systémů a aplikaci pro danou lokalitu. V praktické části jsem se pak zabýval návrhem solárních kolektorů s jejich výslednou bilancí a dále pak ekonomickému a ekologickému zhodnocení. Výstupem práce je návrh solárního ohřevu vody pro čtyřčlennou domácnost s možností sezonního ohřevu vody ve venkovním nekrytém bazénu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PUSTKA L. Proposal for solar thermal systém for heating drinking water and swimming pool water. Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2017. (64) s. Vedoucí práce: Vrtek, M.

In bachelor thesis, I deal with problems of design of solar system for family house with possibility of heating of pool water. In the introduction, I described the field of solar systems, I describe all their systems and application for the given site. In the practical part, I deal with the design of the solar collectors with their final balance and then the economic and ecological evaluation. The output of the project is the design of solar water heating for a four-person household with the possibility of seasonal heating of the water in the outdoor uncovered swimming pool.

Obsah

Anotace bakalářské práce	5
annotation of BACHELOR thesis	5
Seznam zkratek.....	9
1. Úvod	10
2. Solární energie.....	11
2.1. Slunce zdrojem.....	11
2.2. Průchod záření atmosférou	12
2.3. Záření.....	12
3. Využívání solární energie v tepelných solárních zařízeních.....	14
3.1. Způsoby použití solárních systémů.....	14
3.2. Solární ohřev pitné vody.....	15
3.3. Ohřev vody v bazénech.....	16
4. Solární systémy.....	17
4.1. Solární kolektory	17
4.1.1. Spojení více kolektorů	19
4.2. Tepelný zásobník	20
4.2.1. Teplotní vrstvení v zásobníku	21
4.2.2. Vliv připojení potrubí	22
4.3. Solární okruh	23
4.4. Teplonosné médium	23
4.4.1. Vlastnosti teplonosných médií	23

4.5.	Potrubí	24
4.6.	Čerpadlo	25
4.7.	Regulační a řídicí zařízení	25
4.8.	Pojistná zařízení	25
4.9.	Systémy pro ohřev bazénové vody	26
5.	Charakteristika projektu	28
5.1.	Lokalita	28
5.2.	Bazén.....	30
6.	Návrh řešení solární soustavy	31
6.1.	Skutečná a teoretická denní energie na kolektor	32
6.2.	Ideální sklon kolektorů.....	34
6.3.	Výpočet skutečné energie dopadající na osluněnou plochu	34
6.4.	Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu teplé vody	36
6.5.	Volba kolektoru	38
6.6.	Stanovení průměrné účinnosti v jednotlivých měsících.....	40
6.7.	Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru	42
6.8.	Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí.....	43
6.9.	Návrh počtu m ² kolektorové plochy.....	43
6.10.	Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce.....	44
6.11.	Stanovení celoročního zisku solární soustavy	45
6.12.	Stanovení celoročního zisku soustavy bez nahřívání bazénu	46
6.13.	Výpočet měrného celoročního zisku solární soustavy skutečného vztaženého na 1 m ² plochy apertury	46

7. Dispoziční řešení projektu, grafická část.....	48
7.1. Stávající stav	48
7.2. Návrh jednotlivých součástí systému.....	50
8. Stanovení ekonomických přínosů systému.....	51
8.1. Cenová kalkulace systému	51
8.2. Stanovení ceny energie ze solárního systému.....	51
8.3. Návrh solárního systému.....	52
9. Stanovení ekologických přínosů systému.....	54
10. Závěr	55
Zdroje	56
Seznam obrázků	58
Seznam tabulek.....	59
Seznam grafů.....	60
Seznam vzorců.....	61
Seznam příloh	63

Seznam zkratk

a_1, a_2 konstanty kolektoru
 \check{c} – počet osob v domácnosti
 $\check{C}R$ – Česká republika
 d – počet dnů v měsíci
 Δt – změna teploty
 f – velikost pokrytí celoroční potřeby tepla
 G – intenzita slunečního záření
 G_m – intenzita slunečního záření
 $H_{T,den,dif}$ – denní dávka difuzního skutečného ozáření
 $H_{T,den,teor}$ – teoretická denní dávka ozáření plochy
 C_{H_2O} – měrná tepelná kapacita vody
 m – množství spotřebované vody na člověka a den
 m_m – měsíční spotřeba teplé vody
 n – počet kolektorů
 η – ztráty
 n_0 – konstanta kolektoru
 Q – tepelná energie
 Q_i – získané teplo
 Q_k – měrný tepelný zisk kolektoru
 Q_m – potřebná energie
 Q_{max} – maximálně získatelné teplo
 q_{max} – měrný celoroční zisk maximální
 $Q_{přeb}$ – nevyužité teplo
 q_{skut} – měrný celoroční zisk skutečný
 Q_{skut} – skutečná energie dopadající na plochu
 Q_{teor} – Teoretická energie dopadající na plochu
 S – plocha
 S' - plocha kolektorů
 $S_{absorberu}$ – plocha absorbéru
 t_e – teplota v době slunečního svitu
 t_r – poměrná doba slunečního svitu
 t_s – průměrná teplota kapaliny v kolektoru
 $t_{stř}$ – střední teplota
 T_{teor} – teoretická doba slunečního svitu

1. Úvod

Doba, kdy člověk využíval pouze fosilní zdroje se chýlí ke konci, a my jsme proto nuceni začít hledat alternativy. A to takové, které by byly schopny vyřešit naše potřeby a měly co možná nejmenší dopad na životní prostředí, ve kterém žijeme. Musíme proto výzkum posunout směrem ke zdrojům energie, které by kolem sebe rozsávaly škodlivé účinky co možná nejméně.

Tyto specifikace splňují obnovitelné zdroje. Bohužel nebyly dosud vyvíjeny takovou silou jako fosilní zdroje. Jsou to čisté zdroje energie, nevyčerpatelného charakteru, nemusíme se tudíž bát, že by jednoho dne došly. Pro efektivní využívání těchto zdrojů musíme ale vyvinout různé formy zachycovačů této energie pro její uskladnění. Obnovitelné zdroje bývají totiž velmi nepředvídatelné. Jednoduše neumíme poručit větru, aby foukal, a slunci, aby v noci ozařovalo naše panely. K úspěšnému začlenění obnovitelných zdrojů do naší energetické sítě by také velmi pomohlo, kdyby se lidé naučili šetřit energiemi. Protože energie je v dnešní společnosti nutná na její udržení.

Cílem této práce bude přiblížit problematiku solárního, celoročního ohřevu, či předeřevu pitné vody v rodinném domě s ohřevem bazénové vody pro venkovní, sezónně provozovaný bazén. Bude zde také vypracován návrh solární soustavy pro domek obývaný čtyřmi osobami s venkovním bazénem. Také budou stanoveny měsíční a roční zisky. A vyhodnocení návrhu z ekonomického a enviromentálního hlediska.

2. Solární energie

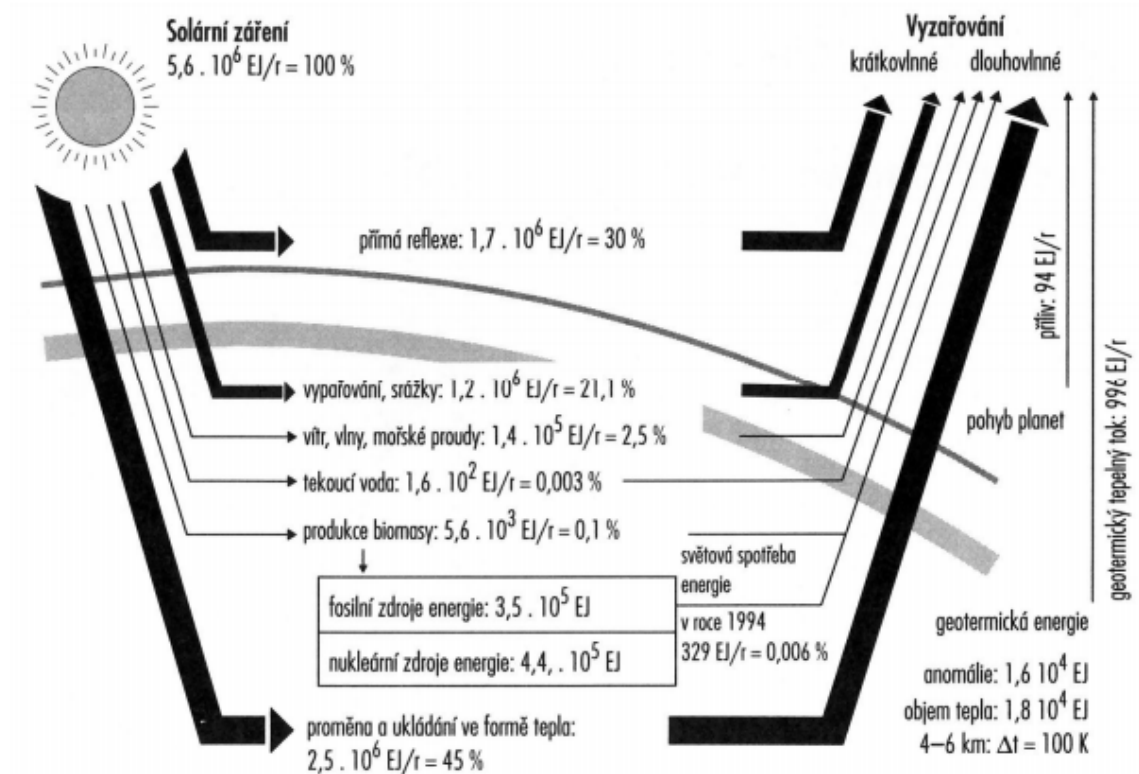
2.1. Slunce zdrojem

Solární energie patří mezi obnovitelné zdroje energie. Při jejím využívání nevznikají žádné škodlivé efekty. Množství energie, které využijeme závisí na klimatických podmínkách, jako doba denního svitu a počet zamračených dnů v roce. Nejlépe ji jde využívat v oblastech, kde je doba denního svitu co možná nejdelší nebo ve vysoko položených místech.

Sluneční záření vzniká ve slunci a je výsledkem termonukleárních reakcí, kdy se atomy vodíku sloučí na atom hélia a vznikne při tom obrovské množství energie. Množství zásob vodíku na slunci je odhadováno na miliardy let, není důvod se tedy zatím obávat vyčerpání tohoto zdroje, a proto ho popisujeme jako obnovitelný. Na slunci je intenzita záření zhruba 63 MW/m^2 , ale na zemský povrch dopadá pouze malá část. Ve vnějším okraji atmosféry je toto záření 1366 W/m^2 . Toto číslo se také nazývá sluneční konstanta. Není však konstantní, ale kolísá. Výkyvy způsobuje eliptická oběžná dráha Země kolem Slunce a cykly sluneční aktivity. [10]

2.2. Průchod záření atmosférou

Sluneční záření dopadající na povrch země se z 34 % odrazí od oblačnosti a zemského povrchu, zbytek, 19 % absorbuje atmosféra a 47 % absorbuje povrch země. Naopak, země vyzařuje infračervené světlo, které předává teplo do atmosféry a část ho jde do volného kosmu.

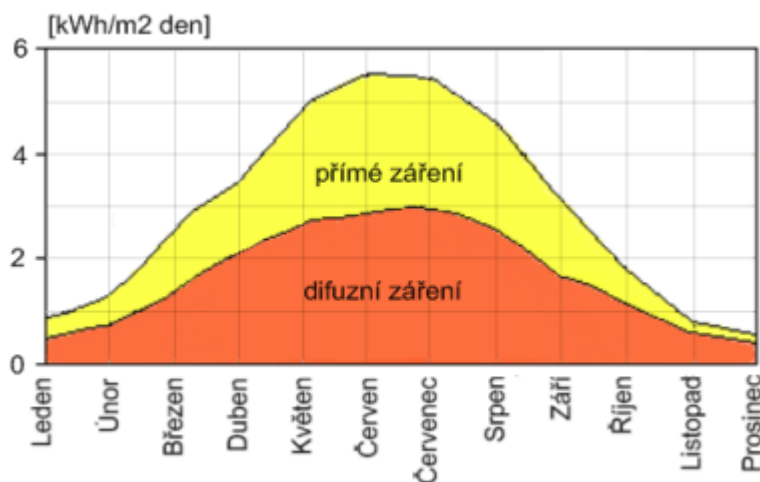


Obrázek 2.1 Toky energie na Zemi [4]

2.3. Záření

Při jasné obloze záření dopadá přímo na povrch Země, aniž by měnilo směr. Takové záření se nazývá přímé a jde jej koncentrovat pomocí čoček a zrcadel. Když však takové přímé záření projde přes atmosféru, z jeho části vznikne nepřímé, tzv. difuzní záření, které koncentrovat nelze. Součtem těchto dvou záření pak vznikne globální záření, které se nachází v atmosféře.

Ve střední Evropě se pohybuje v rozmezí od 100 do 1000 W/m². Roční sumy záření dopadajícího na 1 m² vodorovné plochy v ČR pak kolísají od 950 do 1250 kWh/m².



Obrázek 2.2 Podíl difuzního záření na přímém v České republice [10]

Podíl difuzního záření vzrůstá se součinitelem zákalu. Při přesných modelech difuzního záření se zohledňují bezoblačné dny a oblačné, používají se pro ně odlišné modely. V letních měsících je to asi 50 % z globálního záření a v zimě toto číslo pak vzroste na asi 70 %.

3. Využívání solární energie v tepelných solárních zařízeních

Tepelné solární zařízení jsou systémy, které prostředním slunečních kolektorů využívají sluneční energii a přeměňují ji na teplo. Energie, která se uchytí na slunečním kolektoru je předána kapalině, která poté ohřívá zásobník vody, který slouží jako akumulární nádoba. Základní solární soustava se skládá ze slunečního kolektoru, akumulární nádoby a okruhu vedení. Chceme-li takovou solární soustavu stavět musíme uvažovat, aby bylo co nejlépe využito nepříliš vydatné a střídavé sluneční záření, které se u nás vyskytuje.

Solární soustavy rozlišujeme podle plochy:

- *Maloplošné*
- *Velkoplošné*

Podle použití:

- *Pro přípravu teplé pitné vody*
- *Pro přípravu teplé pitné vody a přitápění*
- *Pro ohřev bazénové vody*
- *Kombinace*

Podle provozních podmínek:

- *S nízkým průtokem*
- *S vysokým průtokem*
- *S proměnlivým průtokem*

Podle typu teponosné látky:

- *Uzavřené s nuceným oběhem*
- *Uzavřené s gravitačním oběhem*
- *Soustavy s vyprazdňováním*

3.1. Způsoby použití solárních systémů

Způsobů použití solárních systémů je celá škála. V praxi se můžeme nejčastěji setkat s použitím v domácnostech, kde se systémy používají hlavně k ohřevu teplé užitkové

vody, která se pak užívá k různým účelům. Avšak se rozmáhá i užití v průmyslových oblastech, kdy firmy často řeší zásobování teplem tímto způsobem kvůli drahým energiím.

Solární systémy mají však jeden velký nedostatek a to, že nejsou schopny dodávat energii v době, kdy je potřeba. Tato energie se proto musí akumulovat. Nejčastěji se solární soustavy uplatňují na: [4]

- *Ohřev vody v bazénech, především nekrytých*
- *Ohřev užitkové vody v letním a přechodném období, resp. předehřívání v zimě*
- *Vytápění, nejvíce vodou, řidčeji vzduchem (v přechodném období a zimě)*
- *Temperování výrobních a skladových hal vzduchovými kolektory*
- *Výroba procesního tepla pro průmyslové využití*
- *Solární sušení*
- *Solární vaření*
- *Destilace*

Tato bakalářská práce však řeší solární ohřev pitné a bazénové vody, bude proto v následujících odstavcích rozebírána tato problematika.

3.2. Solární ohřev pitné vody

Ohřívání vody pomocí solárních kolektorů je účinná varianta, jak lze naložit s tímto zdrojem. Má však velké nedostatky v zimních měsících a musí být v této době podpořena kotlem na pevná nebo plynná paliva. V přechodných obdobích umí zásobovat dům z velké části soběstačně, je však nutno tuto vodu ještě dohřát. Když bereme, že voda má 10 °C na vstupu a požadovaná teplota na výstupu je cca 45 °C, tak tento ohřev ohřeje vodu na zhruba 35 °C. Je proto nutné dodat vodě další energii. Tato energie je nicméně výrazně menší než bez tohoto předehřevu. A v letních měsících je solární ohřev schopen zásobovat dům soběstačně a můžeme tedy kotelnu úplně odstavit. [4]

V zimních měsících, kdy se ohřev bazénové vody nevyužívá, můžeme využít celý potenciál ohřevu na přehřátí vstupní vody a ušetřit tak výdaje spojené s dodáváním energie do vody. Chceme-li však použít solární kolektory i v zimě musíme je napustit nemrznoucí směsí, protože předpokládaná teplota v zimních měsících bude pod 0 °C a voda, která by v nich zamrzla by mohla tyto systémy nenávratně poškodit. V systémech, které nejsou provozovány celoročně musí být možnost vyprázdnění

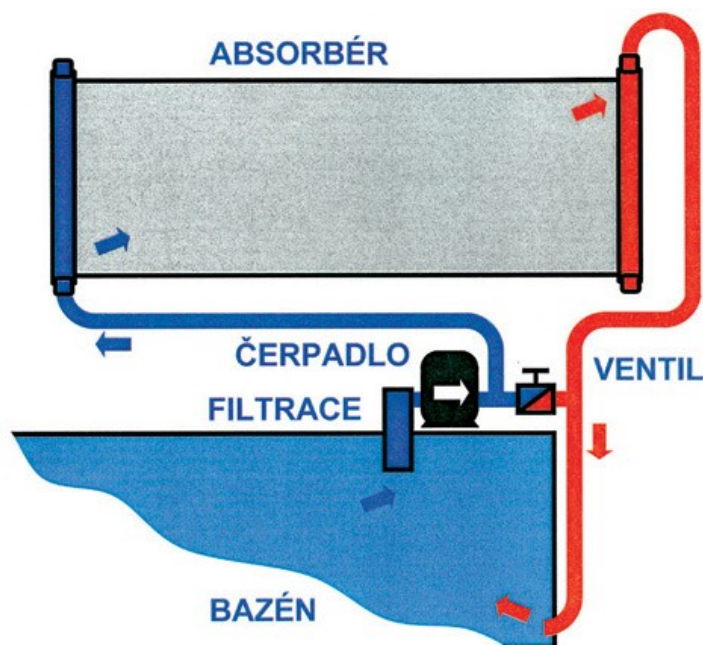
systému, aby se zabránilo zamrznutí a popraskání částí. Tato varianta musí být však spojená s výměníkem, který obsahuje dva okruhy na oddělení této části od zbytku soustavy pro ohřev vody. Protože směsi, které jsou použity jako nemrznoucí jsou často jedovaté.

3.3. Ohřev vody v bazénech

Bazénový ohřev pomocí solárních kolektorů je nejjednodušší forma solárního ohřevu. Není totiž nutno solární kolektor nijak izolovat, protože při bazénovém ohřevu máme maximální množství energie, které dopadá na náš kolektor a ztráty způsobené ochlazováním kolektoru se dají zanedbat. Neplatí to však pro ohřev krytých bazénů, které jsou provozovány celoročně. Hlavní výhodou ohřívání sezónních bazénů je, že nabídka tepla se shoduje s poptávkou, kterou bazén vytváří.

Pro ohřev bazénů není také třeba akumulčních nádob, které by zajišťovaly přísun teplé vody i v noci z důvodu, že sám bazén je akumulční nádoba a díky jeho velkému objemu není schopný přes noc vychladnout. Vhodné je však bazén přes noc zakrýt, aby se zamezilo částečně nežádoucím únikům do atmosféry.

Při těchto podmínkách dosahují celoroční zisky kolektorů okolo 200–300 kWh/m² plochy absorberu. Využijí tedy asi při nabídce 1000 kWh/m² asi 20–30 % dostupné energie. [4]



Obrázek 3.1 Schéma zapojení bazénového kolektoru [19]

4. Solární systémy

V úvodu této kapitoly je nutno podotknout, že efektivní a kvalitní solární systém nezávisí pouze na volbě solárního kolektoru. V každém systému je totiž množství konstrukčních prvků a dílů, které jsou pro funkci naprosto nezbytné a je nutné, aby tyto prvky na sebe navazovaly. Všechny solární systémy se skládají z několika základních částí a to:

- *Solární kolektor (jeden nebo více)*
- *Tepelný zásobník*
- *Solární okruh*
- *Teplonosné médium*
- *Tepelný výměník*

4.1. Solární kolektory

Sluneční kolektory využívají energii ze slunečního záření a přeměňují ji na tepelnou energii. Při volbě kolektoru se řídíme její základní charakteristikou, a to je účinnost, která ukazuje kvalitu kolektoru. Lze ji definovat jako poměr výkonu a příkonu kolektoru, což pro střední teplotu teplonosného média T_m vede ke vztahu, vycházejícího z tzv. kolektorové rovnice: [4]

$$\eta = \frac{W_N}{E} = \alpha * \tau - k * \frac{(T_m - T_a)}{E}$$

Kde:

η ... účinnost kolektoru [%]

W_N ... tepelný výkon kolektoru [W/m^2]

E ... sluneční záření [W/m^2]

α ... součinitel absorpce absorberu

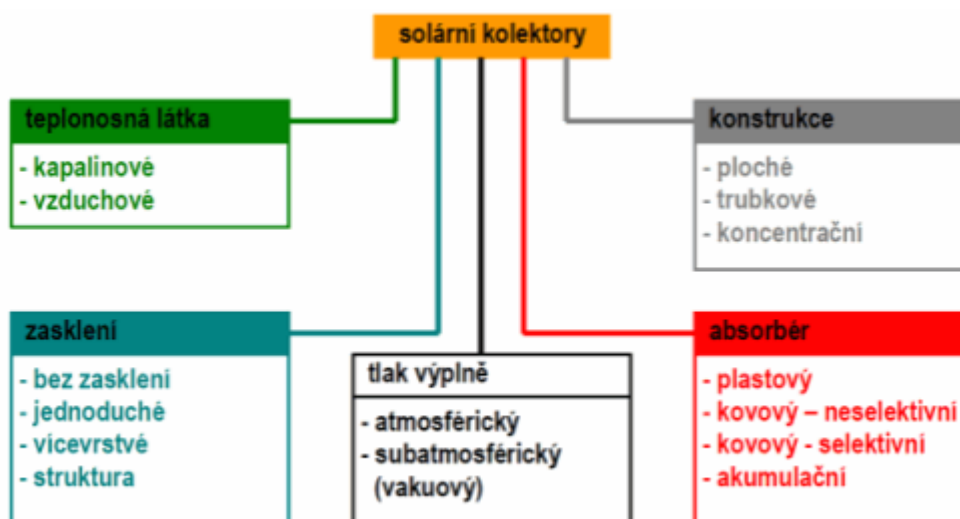
τ ... součinitel transmise transparentního krytu

k ... součinitel měrné tepelné ztráty kolektoru [W/m^2]

T_m , T_a průměrná teplota v solární soustavě, resp. střední teplota vzduchu v okolí kolektoru [$^{\circ}C$]

Solární kolektory, kde je teponosná látka kapalina (nemrznoucí směs, voda), se používají v naprosté většině aplikací v budovách. Solární vzduchové kolektory jsou v ČR využívány pouze v minimu případů, a to pouze pro předehřev čerstvého vzduchu pro větrání nebo oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění.

Běžné solární kapalinové kolektory (maloplošné), se vyrábí s účinnou plochou od 1,5 m² do 2,5 m². Tyto solární systémy jsou vhodné zejména pro rodinné domy, kde plocha solárních kolektorů nepřesahuje 15 m². Pro větší instalované plochy se pak užívají velkoplošné kolektory, které tvoří moduly o ploše 10 až 20 m². Jejich výhodou je značné zjednodušení montáže solárních polí, zvláště při jejich spojování. [3]



Obrázek 4.1 Rozdělení solárních kolektorů [3]

Solární kapalinové kolektory jde rozdělit podle řady faktorů. Z rozdělení je možno udělat konstrukční kombinace, se kterými se můžeme setkat: [2]

- Plochý nekrytý kolektor – tento kolektor bývá zpravidla bez zasklení, s vysokými tepelnými ztrátami, závislými na okolních podmínkách, zejména na proudění větru. Nekryté kolektory jsou hlavně určeny pro sezonní ohřev bazénové vody.;
- Plochý neselektivní kolektor – tento kolektor je již zasklený s kovovým absorbérem, s povlakem spektrálně neselektivním. Vzhledem k velkým ztrátám sáláním bývají tyto kolektory využívány v zimě pouze k předehřevu vody při nízké teplotní úrovni.
- Plochý selektivní kolektor – tento kolektor je zasklený s kovovým absorbérem s povlakem spektrálně selektivním a tepelnou izolací po zadní a bočních

stranách. Vzhledem k výrazně sníženým ztrátám je lze používat celoročně jak na vytápění, tak k ohřevu vody.

- Plochý vakuový kolektor – provedením velice podobný plochému selektivnímu kolektoru, v kolektoru je však snížený tlak (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) pro snížení celkové tepelné ztráty. Tyto kolektory jsou určeny jak pro ohřev vody, tak vytápění, lze je však použít i k průmyslovým aplikacím s provozními teplotami okolo 100°C.
- Trubkový jednostěnný vakuový kolektor – kolektor s plochým selektivním absorberem, který je umístěn ve vakuové skleněné trubce (absolutní tlak $<10^{-3}$ Pa). V tomto případě se velmi omezily tepelné ztráty nízkoemisivním absorberem a vakuovou izolací. Vzhledem k vysoké ceně kolektoru se především uplatňuje pro kombinované soustavy vytápění nebo průmyslové vysokoteplotní aplikace (nad 100 °C).
- Trubkový dvojstěnný (Sydney) vakuový kolektor – kolektor s válcovým selektivním absorberem umístěným ve skleněné trubce. Tato varianta má problematické zajištění přenosu tepla z absorpční trubky do teplotnosné kapaliny pomocí teplosměnné lamely. Sydney kolektory se proto vyznačují nižší účinnostmi při nízkých teplotách, používají se pro vytápění, nebo průmyslové aplikace nad 100 °C.
- Soustředující (koncentrační) kolektor – kolektor, ve kterém jsou použity zrcadla, čočky nebo další optická usměrnění přímého slunečního záření k soustředění záření na aperturu kolektoru o výrazně menší ploše, než je vlastní plocha kolektoru.

Nejčastěji se v ČR můžeme setkat s nekrytými bazénovými kolektory, plochými atmosférickými selektivními kolektory a trubkovými vakuovými kolektory.

4.1.1. Spojení více kolektorů

Většina solárních soustav se skládá z více než jednoho solárního kolektoru. Musíme si tedy klást otázku. Jaké sestavení kolektoru zvolit pro efektivní odběr získaného tepla a jak co nejefektivněji sestavit kolektory do jedné plochy?

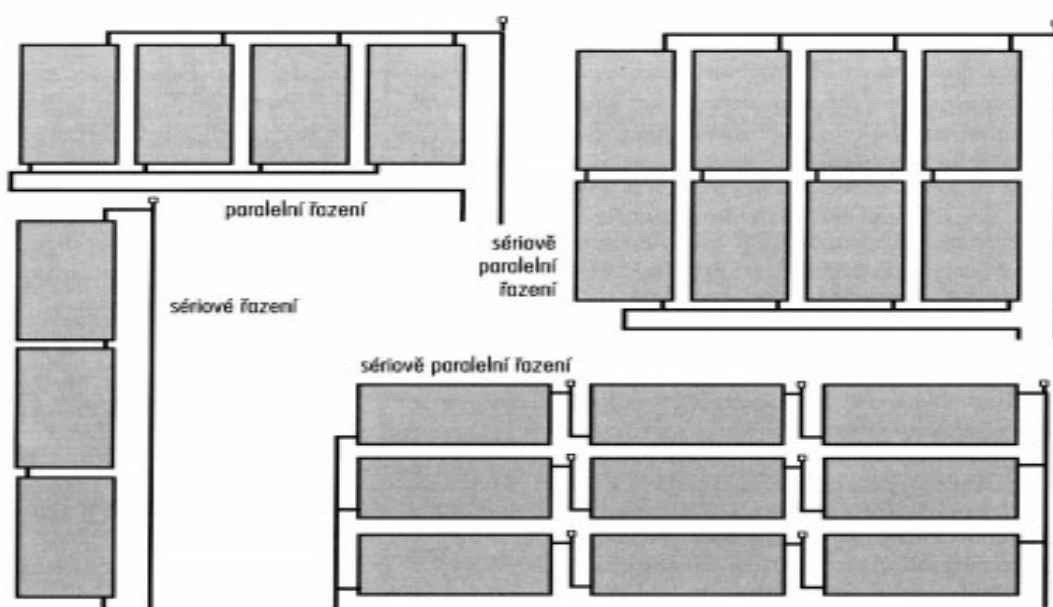
V praxi se používají tři způsoby zapojení:

- *Sériově*
- *Paralelní*
- *Sériově-paralelní*

Sériové řazení – výhoda, že všechny kolektory jsou protékány vodou stejně. Nevýhoda, že s rostoucím počtem kolektorů značně stoupá teplota odváděného teplotnosného média a taky roste odpor kladený systémem. Tento odpor je součtem odporů jednotlivých kolektorů. Proto se nedoporučuje zapojení více než třech kolektorů v sérii.

Paralelní řazení – výhoda nízkého odporu vůči teplotnosné kapalině. Kolektory se zapojují na jedno příváděcí a sběrné potrubí. Aby byl proud teplotnosného média rovnoměrně rozdělen musí mít potrubí větší průměr a cesty průtoků kolektorů musí být stejně dlouhé, aby se docílilo stejného odporu proudění.

Sériově-paralelní řazení – spojuje výhody obou typů řazení. Má přijatelný odpor proti proudění i rovnoměrné průtoky.



Obrázek 4.2 Možnosti propojení více kolektorů [4]

4.2. Tepelný zásobník

Solární energie je během roku i dne proměnná a nekryje se s momentálními potřebami. Proto je nedílnou částí solárních systémů tepelný zásobník. Tento zásobník přijímá teplo přivedené z kolektorů a zásobuje jím objekt v době, kdy je tato energie potřeba. V případě tohoto projektu, kdy potřebujeme ohřát pitnou vodu je proto tepelný zásobník nepostradatelný.

Navrhne-li špatně kapacitu solárního zásobníku, dopustíme se zásadní chyby, která může mít za následek nedostatečné využití solárních panelů a v důsledku malé

kapacity nedostačující teplou vodu pro pokrytí potřeb objektu. Nebo naopak nemusí solární kolektory ohřát vodu kvůli jejímu objemu dostatečně a bude nutný přehřev pomocí jiných zdrojů. Dá se tedy říct, že tepelný zásobník je kritický pro správné sestavení systému.

4.2.1. Teplotní vrstvení v zásobníku

V zásobníku má velký vliv vhodné teplotní rozvrstvení na účinnost kolektorů a na schopnost pokrýt poptávku teplé vody v období, kdy je potřeba. Snahou je dosáhnout dostatečné teploty v horní části zásobníku pro využití při odběru tepla bez dodatečného ohřívání vody jinými systémy a v dolní části udržet nízkou teplotu v místě výměníku solární soustavy. Toto lze zajistit přirozeným vrstvením ve vhodně konstruovaných zásobnících bez nutnosti dalších prvků nebo řízeným vrstvením, kdy se využívají speciální prvky. [7]

Přirozené vrstvení objemu zásobníku se uplatňuje při odběru teplé a přívodu studené vody. Schopnost přirozeného vrstvení je dána především jeho štíhlostí. Čím štíhlejší, tím lepší vrstvení. Doporučuje se poměr výška/průměr minimálně 2,5. Štíhlé zásobníky zaručují omezené kolování vody a tím omezují ochlazování nahřáté vody studenou. Studená oblast v zásobníku zaručuje, že při přivedení teplé vody do výměníku se uskuteční přestup s maximální účinností. [7]

Tyto vysoké a štíhlé zásobníky však v praxi často mívají problém s instalací díky omezeným výškám stropů. Navíc musíme uvažovat, že při instalaci musíme tento zásobník naklopit přes úhlopříčnou nejdelší stranu a musí být proto volen s výškovou rezervou.

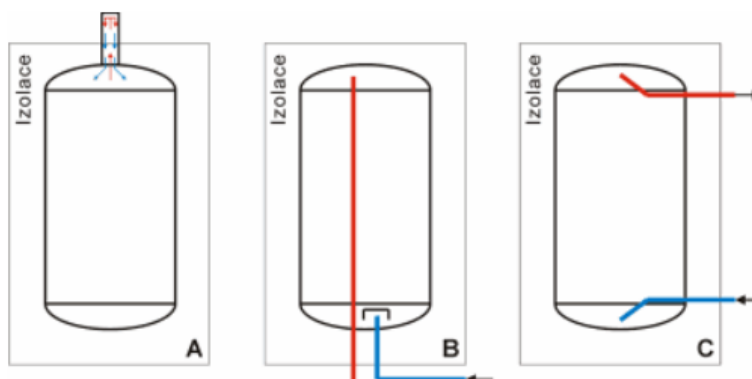
Nevhodné jsou pro solární použití horizontální zásobníky, které mají špatnou schopnost vrstvení. Při ohřevu dochází k promíchávání a účinnost je tak degradována.

Nemalý vliv má však také způsob napouštění a vypouštění zásobníku, poloha teplosměnných ploch, apod. [7]

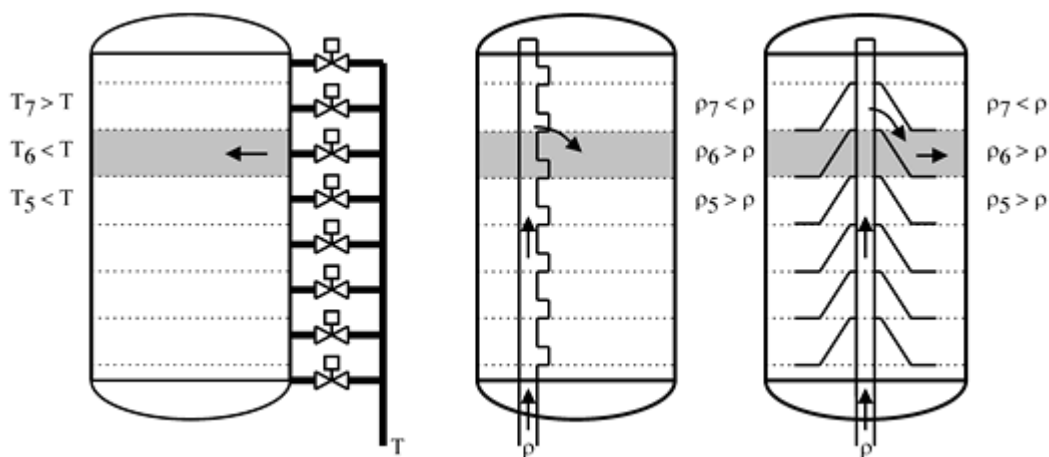
4.2.2. Vliv připojení potrubí

Způsob připojení potrubí k zásobníku může mít velký vliv na způsob vrstvení a na tepelné ztráty zásobníku. Jednoduché konstrukční řešení může tyto vlivy eliminovat.

V zásobníku se používají tzv. hydraulické brzdy, přepážky, které mají za úkol zbrzdit přivedenou studenou vodu, aby v zásobníku neprobíhalo mísení. Stejnou funkci také zajišťuje tangenciální přívod vstupního potrubí do zásobníku, kdy je proud brzděn stěnami v dolní části zásobníku. Existuje ještě možnost pustit proud přírubou o dostatečné světlosti, zaručující pokles rychlosti na vstupu do zásobníku. [7]



Obrázek 4.3 Odběra přívod teplé a studené vody (A - špatně, B,C - dobře) [7]



Obrázek 4.4 Různé způsoby řízení teplotního vrstvení. [8]

4.3. Solární okruh

Solárním okruhem se rozumí celý systém, spojený k sobě, zajišťující funkčnost solární soustavy. A má celou řadu komponent:

- *Tepelný výměník*
- *Teplonosné médium*
- *Potrubí*
- *Čerpadlo*
- *Regulační a řídicí zařízení*
- *Armatury*
- *Pojistná zařízení*

4.4. Teplonosné médium

Teplonosné médium je potřeba pro přenos tepla ze zdroje (kolektorů) do zpravidla akumulačního zásobníku. Využívá se různých látek. Nejčastěji vzduchu nebo kapaliny, zřídka pevných látek (sytký písek). Pro potřebu celoročního použití se nejvíc používají nemrznoucí směsi, které zajišťují ochranu systému v zimních měsících. [9]

4.4.1. Vlastnosti teplonosných médií

Na teplonosná média jsou z důvodu funkčnosti, bezpečnosti a dostupnosti kladeny následující požadavky: [9]

- *Nízký bod tuhnutí (nejlépe kolem -25 až -30 °C)*
- *Dobré tepelně-fyzikální vlastnosti (tepelná kapacita, viskozita), co nejvíce podobné vodě*
- *Nehořlavost*
- *Ochrana proti korozi*
- *Kompatibilita s těsnícími materiály*
- *Ekologické aspekty (netoxická, biologicky rozložitelná)*
- *Dlouhodobá stálost vlastností – teplotní odolnost*
- *Cena*

Předešlá kritéria téměř dokonale splňuje voda. Ta však při 0 °C zamrzá a bez nemrznoucích příměsí může být použita pouze v sezonních systémech. Mimo jiné

vykazuje korozivní účinky na použitý materiál, musí proto být použit materiál odolný těmto vlivům.

Dále se používají Glykolové nemrznoucí směsi. Tyto směsi mohou být dvojího druhu: směs etylenglykolu a vody nebo propylenglykolu a vody, zpravidla ředěné objemově na 40-50 % dle potřebné teploty tuhnutí. Tyto směsi mají tendenci ke stárnutí při vysokých stagnačních teplotách. Okolo 200 °C (ploché kolektory) nebo 300 °C (vakuové kolektory). [9]

4.5. Potrubí

Pro přenos mezi kolektory a zásobníkem je potřeba potrubí. Toto potrubí musí být vyrobeno z látek odpovídajících daným podmínkám. Pro tyto systémy připadají v úvahu materiály: [10]

- *Měděné trubky (tvrdé nebo měkké)*
- *Ocelové trubky*
- *Trubky z polyethylenu*

Plastové trubky se při použití v solárních systémech neosvědčily díky vysokým tlakům a teplotám (přes 140 °C a 2,5 Bar). Pozinkované trubky reagují s glykolem, nejsou proto vhodné. O oceli se dá uvažovat, avšak manipulace s ní je náročná. Používá se především ve velkých systémech. Její velkou výhodou je její odolnost. Většina systémů však používá měděné trubky, jak tvrdé, tak i měkké.

Při montáži se musí uvažovat, že potrubí musí být navrženo tak, aby:

- *Cesta mezi solárním kolektorem, zásobníkem a místem spotřeby byl o nejmenší.*
- *Potrubí vedlo co nejsuššími místy a izolace byla co nejméně pracná.*
- *Byl dostatek prostoru pro izolace.*
- *Všechny místa, kde by mohla vzniknout vzduchová kapsa, musí být odvzdušněna.*
- *Aby bylo možno celý systém úplně vyprázdnit*

Sluší se upozornit, že každý metr potrubí navíc jen zvětšuje tepelné ztráty. Pokládání je při realizaci důležitou částí. Rozložení a izolace rozhoduje o tom, jak bude solární systém pracovat.

4.6. Čerpadlo

V solárních systémech s nuceným oběhem jsou obvykle používána čerpadla oběhová určená pro ústřední vytápění z důvodu toho, že jsou:

- *Osvědčené a spolehlivé*
- *Zvládnou dostatečný objem kapalin*
- *Cenově dostupné*
- *Mají vysokou tepelnou odolnost až do 110 °C*
- *Jsou vhodná pro čerpání vodních směsí s mrazuvzdornými přísadami*

Všichni výrobci dnes dodávají velká čerpadla s nastavitelnými otáčkami, kde jejich výkon můžeme ovládat.

4.7. Regulační a řídicí zařízení

Toto zařízení se používá pro řízení všech úkonů v solárním okruhu. Plní dva základní úkoly:

- *Řídit oběhová čerpadla, v solárních okruzích za účelem optimalizace zisků z kolektorů a zásobníku*
- *Udržovat hraniční teploty v zásobníku*

Dále tato jednotka plní mnoho vedlejších funkcí, nutných pro fungování soustavy. Čím je pak soustava komplikovanější, tím těžší je tuto řídicí jednotku nastavit. V praxi se pak používají řídicí jednotky s mikroprocesory.

4.8. Pojistná zařízení

V takovýchto systémech je dále potřeba mít bezpečnostní zařízení, které v případě havárie sníží tlak v soustavě. Takové systémy jsou buď: [4]

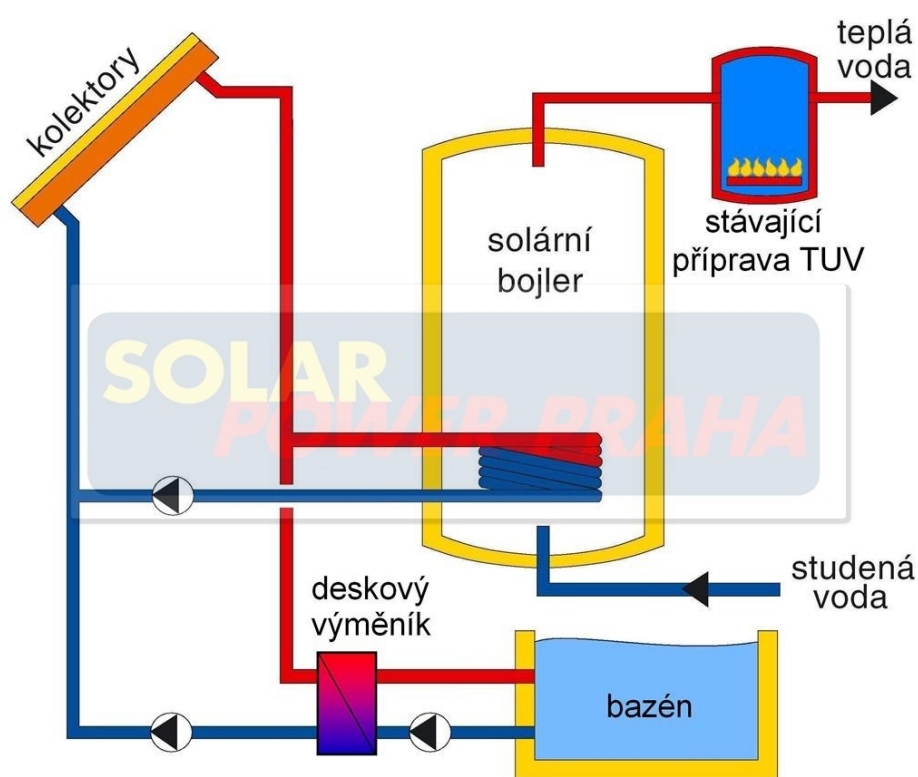
- *Membránová expanzní nádoba, která vyrovná tlakové změny, podmíněné teplotou teplotnosné kapaliny a udržuje tak tlak v soustavě částečně konstantní*
- *Pojistný ventil nebo přetlakový ventil se při jistém tlaku jištěném okruhu otevírá a nechá část kapaliny odtéct, čímž zabrání možným škodám v systému. Případně až prasknutí v některé části. Přetlakový ventil je umístěn tak, aby nemohlo být uzavřeno spojení se zdrojem tepla (solárním kolektorem). Od*

vývodu přetlakového ventilu má být vyveden odtok do záchytné nádrže, aby mohla být případně vytékající kapalina zachycena a znovu použita

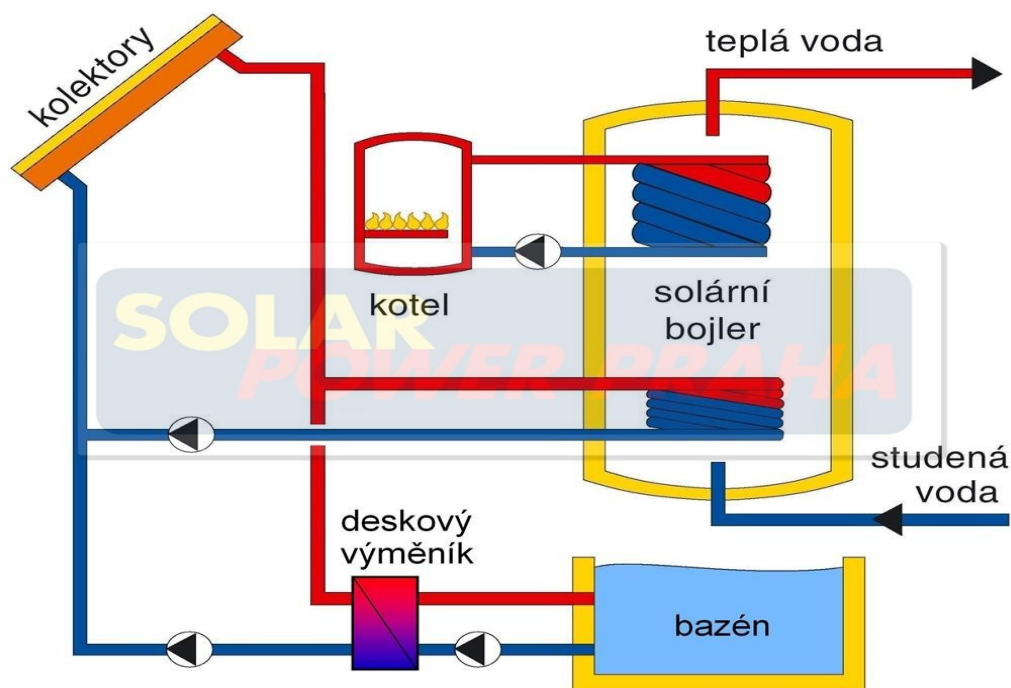
Tato zařízení do značné míry ochrání celou soustavu před jejím poškozením, takové prvky by proto měla mít každá soustava.

4.9. Systémy pro ohřev bazénové vody

Solární panely umístěné na střeše domu se dají zapojit k bazénu několika různými způsoby (viz. obr. 4.5 a 4.6 níže). Nejčastěji se používají solární kolektory nepřipojené do domácího solárního oběhu, ale pouze tzv. solární plachty. V našem případě budeme řešit připojení solárního kolektoru pro ohřev pitné vody k bazénu.



Obrázek 4.5: Výroba TUV solárním panelem a následný dohřev ve stávajícím zásobníku a ohřev vody v bazénu [1]



Obrázek 4.6: Výroba TUV, solární kolektory, plynový kotel (elektrický kotel, tepelné čerpadlo, topná soustava) a ohřev vody v bazénu [1]

Z hlediska, že práce je řešena pouze na ohřev pitné vody a bazénu nejsou zahrnuty varianty, které umožňují i vytápění.

Existují tedy dva základní typy ohřevu pitné vody a zároveň bazénové vody. Buď zařadit zařízení pro ohřev bazénu před stávající kotel a vodu vyprodukovanou solárním panelem ještě před použitím dále přehřívát (obr. 4.5), Nebo pořídit bojler s dvěma výměníky, do kterého bude zapojen jak solární kolektor, tak kotel. V něm bude docházet k ohřevu pitné vody pro denní potřebu a zároveň si bude energii brát bazén, který se tak bude ohřívat (obr. 4.6).

5. Charakteristika projektu

V této kapitole bude řešen popis projektu a uvedení do základních problémů s tímto projektem spojených. Záměrem tohoto projektu je řešení dodávání ohřáté pitné vody pro chod domácnosti s příhřevem venkovního sezónně provozovaného bazénu. Dále bude proveden výpočet spotřeby teplé vody v budově.

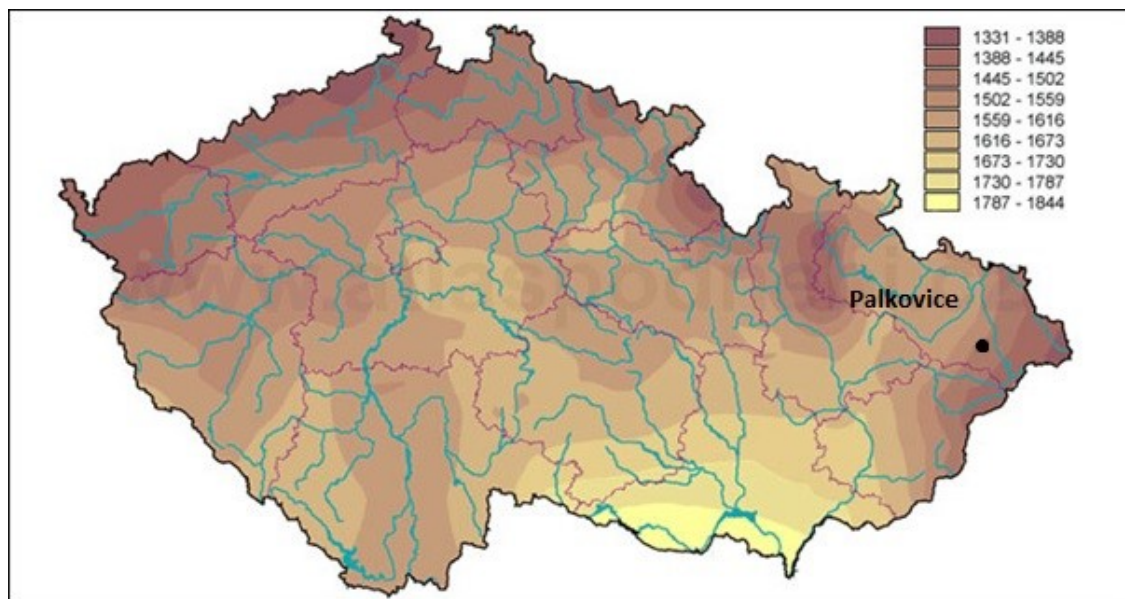
5.1. Lokalita

Jedná se o rekonstruovaný, samostatně stojící rodinný domek v obci Palkovice s venkovním nekrytým bazénem.



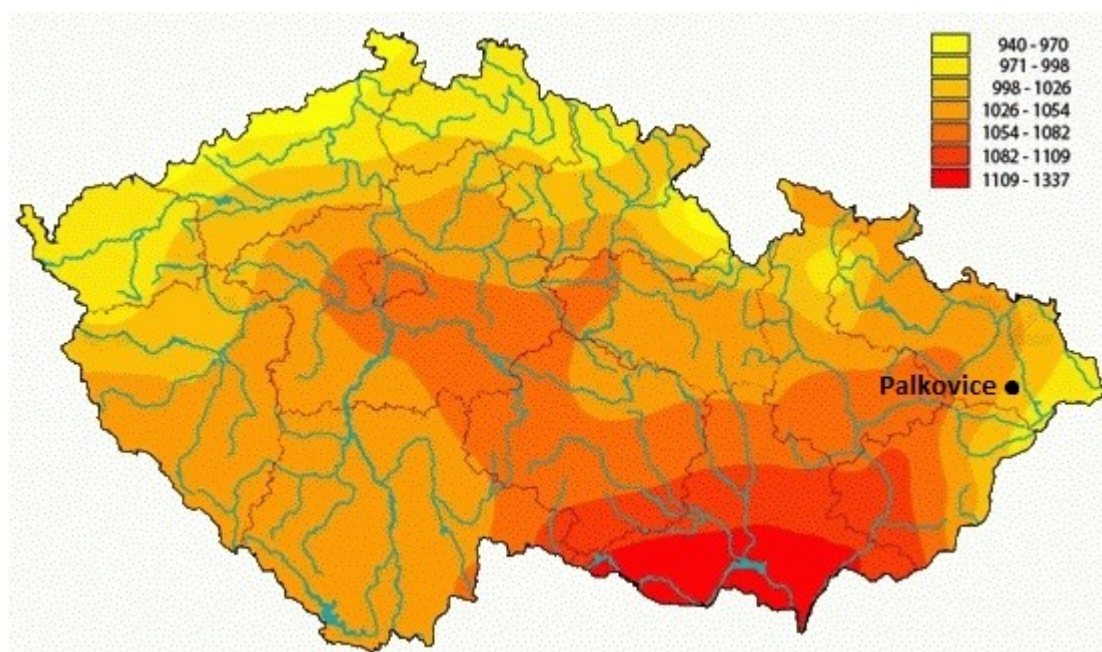
Obrázek 5.1 Mapa Palkovice

Obec Palkovice se nachází asi 10 km od města Frýdek-Místek, nadmořská výška obce je 325 m. Počet obyvatel je 3 225.



Obrázek 5.2 Roční úhrn slunečního svitu se znázorněním oblasti [22]

Jak vyplývá z obrázku, Palkovice se nachází v oblasti, kde roční úhrn slunečního svitu je v rozmezí 1445–1502 hodin za rok.



Obrázek 5.3 Roční úhrn globálního záření v Palkovicích [22]

5.2. Bazén

Bazén, pro který budu realizovat sezónní ohřev, je venkovní, nekrytý, částečně zabudovaný do země. Předpokládaná teplota vody v bazénu je 25-27 °C.

Koncem března se bazén bude udávat do chodu. Musíme proto pomalu začít dodávat tepelnou energii, která bude použita pro ohřev vody v bazénu z počáteční nízké teploty na požadovanou.

Pro výpočty je nutné znát plochu vodní hladiny, ze které vychází většina výpočtů teplotních ztrát.

Velikost bazénu

Plocha vodní hladiny: $S = (7,3 * 3,7) = 27,01 [m^2]$

6. Návrh řešení solární soustavy

V projektu je řešeno zásobování domů teplem pro ohřev vody a bazénu. Předem je jasné, že nebude reálné tuto potřebu pokrýt ze 100 %. Hlavní prioritou tedy bude ohřev vody a ze zbytkového tepla bude realizováno ohřívání bazénu. Pro další práci bude vycházeno z těchto předpokladů:

- *Využít co největší množství energie ze solárního systému pro přípravu teplé vody*
- *Přebytečné teplo z letních měsíců použít pro ohřev bazénu*

Jak již bylo zmíněno v kapitolách výše, při průchodu atmosférou se intenzita slunečního záření snižuje podle tzv. součinitele znečištění Z , který závisí na obsahu příměsí a atmosférickém tlaku vzduchu. Tento součinitel lze vypočítat podle Linkeho vztahu. Pro náš případ však použijeme součinitele dle dostupných informací z literatury.

Tabulka 6.1 Průměrné měsíční součinitele Z pro oblasti s rozdílnou čistotou ovzduší ve střední Evropě [13]

Měsíc	Horské oblasti	Venkov	Města	Průmyslové oblasti
Leden	1,5	2,1	3,1	4,1
Únor	1,6	2,2	3,2	4,3
Březen	1,8	2,5	3,5	4,7
Duben	1,9	2,9	4,0	5,3
Květen	2,0	3,2	4,2	5,5
Červen	2,3	3,4	4,3	5,7
Červenec	2,3	3,5	4,4	5,8
Srpen	2,3	3,3	4,3	5,7
Září	2,1	2,9	4,0	5,3
Říjen	1,8	2,6	3,6	4,9
Listopad	1,6	2,3	3,3	4,5
Prosinec	1,5	2,2	3,1	4,2
Roční průměr	1,9	2,76	3,75	5,0

Hodnoty součinitele znečištění atmosféry se během roku v daném místě mění. Závisí na teplotě a vodních parách ve vzduchu. Se vzrůstající teplotou roste, množství vodní páry, výkyvech počasí a množství exhalací. Obecně s nadmořskou výškou hodnota součinitele klesá, s nárůstem teploty stoupá. Dá se však počítat s hodnotami níže:

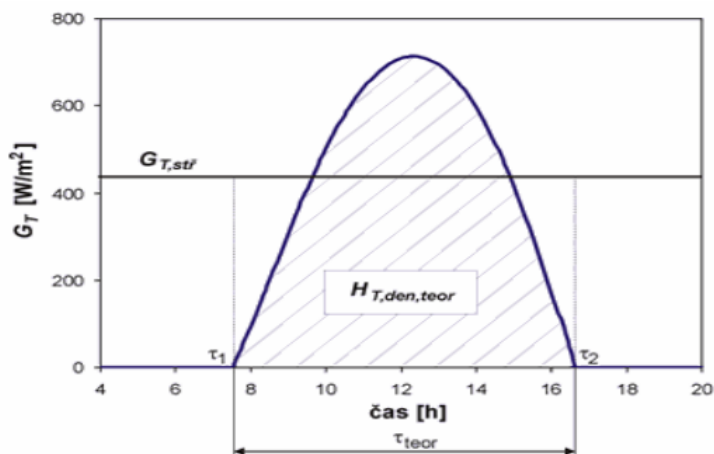
- $Z = 2$ pro místa nad 2 000 m n. m
- $Z = 2,5$ pro místa nad 1 000 m n. m
- $Z = 3$ pro venkov bez průmyslových exhalací
- $Z = 4$ pro města

Tyto hodnoty jde použít pro návrh solárního systému. Důležité je však zjistit celkovou energii, která dopadne na osluněnou plochu. Tato energie je však poměrně náhodná způsobena oblačností. Proto se nedá spolehnout na spolehlivost výsledku.

Obec Palkovice se nachází v blízkosti města Frýdek-Místek, kde nedochází k nadměrnému znečištění. Proto si určíme pro práci součinitel znečištění $Z=3$.

6.1. Skutečná a teoretická denní energie na kolektor

Pro určení těchto veličin, je nutné znát teoretickou denní dávku ozáření plochy $H_{T,den,teor}$. Jde o energii, která dopadá v danou dobu na plochu kolektoru. Lze ji teoreticky získat integrací slunečního ozáření od východu do západu Slunce, tj. za celou dobu slunečního svitu. [14]



Graf 6.1 Závislost výkonu na denní době [14]

Hodnoty $H_{T,den,teor}$ se odečítají z tabulek pro danou oblast. Skutečná denní dávka ozáření plochy $H_{T,den}$ [kWh/m²*den] je dána vztahem: [14]

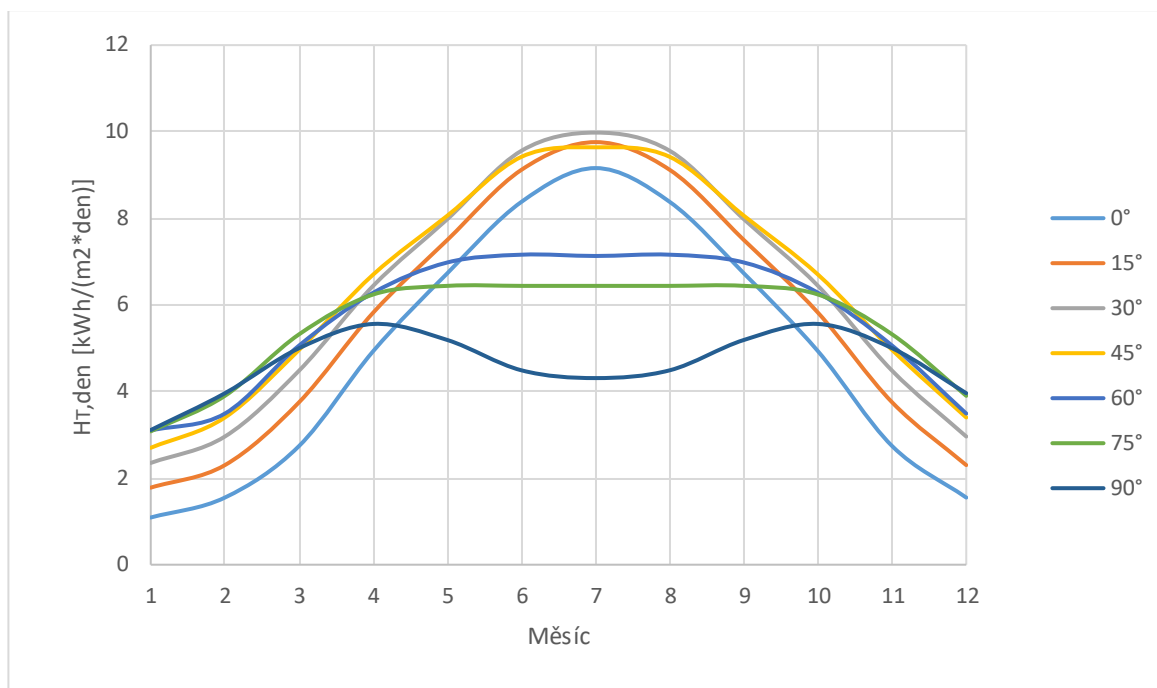
$$H_{T,den} = t_r * H_{T,den,teor} + (1 - t_r) * H_{T,den,dif} \quad [\text{kWh/m}^2 * \text{den}] \quad (1)$$

Kde:

- t_r – poměrná doba slunečního svitu
- $H_{T,den,dif}$ – denní dávka difuzního skutečného ozáření

Tabulka 6.2: Teoretická denní dávka ozáření plochy platí pro 50° severní šířky. [13]

Úhel sklonu osluňené plochy jih	XII.	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	7,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31



Graf 6.2 Roční průběh denní dávky přímého ozáření plochy $HT_{den, teor}$ ($kW.h/m^2den$) pro různé sklon y ploch, při směřování na jih. (data do grafu z tabulky 6.2 – vlastní vypracování)

6.2. Ideální sklon kolektorů

Energetické výnosy se v průběhu roku mění, jak je patrné z grafů. Pro naše použití (ohřev vody a bazénu) potřebujeme zajistit vysoké procento v letních měsících na udržení teploty vody v bazénu, a ne tak nízké využití v zimních měsících. Volíme proto sklon 45° , který je i na střeše domu.

6.3. Výpočet skutečné energie dopadající na osluněnou plochu

V této části vypočítáme skutečné množství energie dopadající na plochu solárního kolektoru. V předešlých částech jsme určili sklon, který byl stanoven 45° . S tímto sklonem bude pracováno dále.

Skutečná denní dávka ozáření plochy $H_{T,den,dif}$ [kWh/m²*den] je dána vztahem:

$$H_{T,den} = t_r * H_{T,den,teor} + (1 - t_r) * H_{T,den,dif} \quad [\text{kWh/m}^2 * \text{den}] \quad (2)$$

Kde:

- t_r – poměrná doba slunečního svitu
- $H_{T,den,teor}$ – teoretická denní dávka ozáření plochy [kWh/m²*den]
- $H_{T,den,dif}$ – denní dávka difúzního slunečního ozáření [kWh/m²*den]

Poměrnou dobu slunečního svitu tak určíme z dlouhodobých poměrů na základě skutečné doby slunečního svitu. To je doba s přímým slunečním zářením. Pro výpočet této práce použijeme poměrné doby slunečního svitu pro oblast Ostrava uvedené v následující tabulce.

Tabulka 6.3: Poměrná doba slunečního svitu t_r pro oblast Ostrava [13]

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Ostrava	0,27	0,30	0,30	0,37	0,47	0,45	0,55	0,55	0,43	0,38	0,19	0,18

Příklad výpočtu skutečné energie dopadající na plochu solárních kolektorů při sklonu 45°.

$$H_{T,den} = 3,40 \text{ (viz tabulka 6.2)} \quad [\text{kWh/m}^2 * \text{den}] \quad (3)$$

$$Q_{skut} = 0,27 * 3,40 * 31 = 27,54 \quad [\text{kWh} * \text{m}^{-2}] \quad (4)$$

Výpočet opakujeme pro všechny měsíce.

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Qskut [kWh*m ⁻²]	27,54	44,64	60,3	89,47	132,82	130,14	155,43	132,99	86,43	56,54	19,38	14,58

6.4. Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu teplé vody

$$Q_m = m_m * c_{H_2O} * \Delta t * \eta \quad [\text{kWh}] \quad (5)$$

Kde:

- c_{H_2O} – měrná tepelná kapacita vody = 4,2 [kJ*kg⁻¹*K⁻¹]
- η – ztráty 15 %, z toho vyplývá, že $\eta = 1,15$.
- m_m – měsíční spotřeba teplé vody [kg]

$$m_m = m * \check{c} * d = 60 * 4 * 31 = 7440 \quad [\text{kg}] \quad (6)$$

Kde:

- m – množství spotřebované vody na člověka a den [kg]
- \check{c} – počet osob v domácnosti
- d – počet dnů v měsíci

Výpočet opakujeme pro všechny měsíce.

Tabulka 6.4 Množství potřebné vody za měsíc

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Potřeba [l]	7440	6720	7440	7200	7440	7200	7440	7440	7200	7440	7200	7440

Stanovení potřeby energie na měsíc:

$$Q_m = m_m * c_{H_2O} * \Delta t * \eta \quad [\text{kW} * \text{h}] \quad (7)$$

$$Q_m = 7200 * 4,2 * (55 - 10) * 1,15 = 1564920 \quad [\text{kJ}]$$

$$Q_m = 434,7 \quad [\text{kW} * \text{h}]$$

Kde:

- m_m – množství vody [l]
- c_{H_2O} – měrná tepelná kapacita vody [Jkg⁻¹*K⁻¹]
- Δt – změna teploty [°C]
- η – ztráty [-]

Z předešlých výpočtů stanovíme, kolik energie budeme potřebovat na ohřátí vody v jednotlivých měsících.

Tabulka 6.5 Množství potřebné energie na ohřátí pitné vody

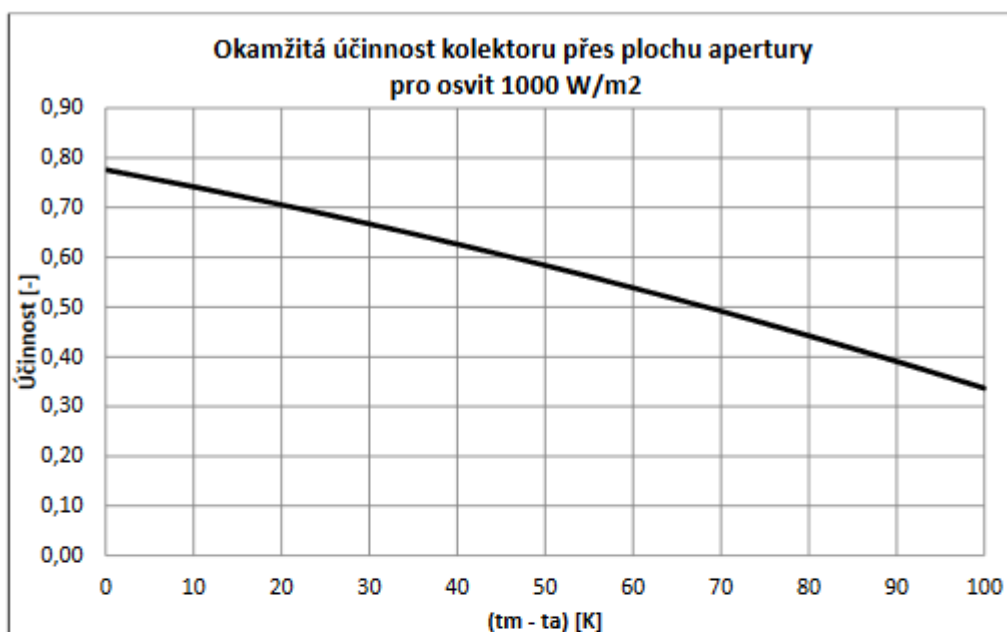
Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Potřeba [kWh]	449,2	405,7	449,2	434,7	449,2	434,7	449,2	449,2	434,7	449,2	434,7	449,2

6.5. Volba kolektoru

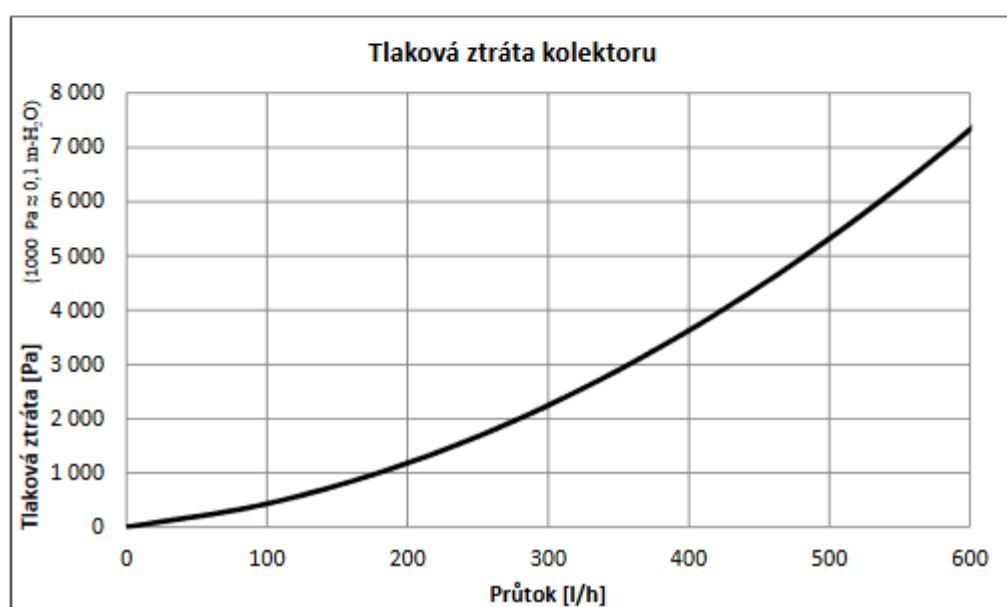
Zvolili jsme kolektor Regulus KPI1 s těmito parametry:

Rozměry a váhy	
výška x šířka x tloušťka	2061x1225x107 mm
výška s příp. potrubím Ø 22 mm	2104 mm
celková plocha	2,52 m ²
plocha apertury	2,33 m ²
plocha absorberu	2,29 m ²
hmotnost bez kapaliny	49 kg
Zasklení	
materiál	kalené nízkoželezné sklo
tloušťka	3,2 mm
propustnost	90,5 ± 2 %
Absorbér	
materiál	hliník, tl. 0,4mm
povrchová úprava	TiNOx
konstrukční typ	pololýrový, laserově svařovaný
materiál přípojovacích trubek	měď
rozměr přípojovacích trubek	2 x Ø 22 mm x 0,8 mm
materiál trubek absorberu	měď
rozměr trubek absorberu	12 (2x6) x Ø 8 mm x 0,5 mm
pohltivost slunečního záření	95± 2 %
emisivita	5 ± 2 %
maximální pracovní tlak	10 bar
maximální pracovní teplota	120°C
stagnační teplota	234°C
teplonosná kapalina (složení; objem)	vodní roztok monopropylenglykolu 1:1; 1,7 l
doporučený průtok	60 – 120 l/h
Tepelná izolace	
materiál izolace	minerální vlna
tloušťka izolace	50 mm
Rám	
materiál rámu	dřevo, určeno pouze k zabudování do střechy
barva rámu	dle oplechování ve střešní krytině
zadní plech	dřevo
Koeficienty účinnosti na plochu apertury	
η_{0a}	0,776
a_{1a}	3,293 W/m ² K
a_{2a}	0,011 W/(m ² K ²)

Obrázek 6.1 Technický list solárního kolektoru [24]



Výkon kolektoru KPI1-DC v nulovém bodě při osvitu $G=1000 \text{ W/m}^2$ je **1808 W**



Obrázek 6.2 Technický list solárního kolektoru [24]

Rovnice účinnostní charakteristiky kolektoru:

$$\eta = \eta_0 - \frac{a_1 * (t_s - t_e)}{G} - \frac{a_2 * (t_s - t_e)^2}{G} * 100 \quad [\%] \quad (8)$$

Kde:

- t_s – průměrná teplota kapaliny v kolektoru [$^{\circ}\text{C}$]
- t_e – teplota v době slunečního svitu [$^{\circ}\text{C}$]
- η_0, a_1, a_2 – konstanty kolektoru
- G – intenzita slunečního záření [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]
- Stagnační teplota 234 [$^{\circ}\text{C}$]

6.6. Stanovení průměrné účinnosti v jednotlivých měsících

Stanovení střední teploty kolektoru $t_{stř}$:

$$t_{stř} = \frac{55 + 10}{2} = 32,5 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (9)$$

Výpočet intenzity slunečního záření v jednotlivých měsících:

Tabulka 6.6 Teoretická hodnota slunečního svitu v charakteristických dnech jednotlivých měsíců [13]

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
$\tau_{teor} [\text{h}]$	8,26	10,12	12	13,9	15,7	16,34	15,7	13,9	12	10,12	8,26	7,85

$$G_m = \frac{Q_{teor}}{\tau_{teor}} = \frac{3,40}{8,26} = 0,4116 \quad [\text{kW} * \text{h} * \text{m}^{-2}] \quad (10)$$

Kde:

- Q_{teor} – Teoretická energie dopadající na plochu [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$]
- τ_{teor} – teoretická doba slunečního svitu [h]

Výpočet opakujeme pro všechny měsíce:

Tabulka 6.7 Intenzita slunečního záření v jednotlivých měsících

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
G_m [kWh*m ⁻²]	0,4116	0,4901	0,5583	0,5799	0,6	0,59	0,6	0,5799	0,5583	0,4901	0,4116	0,3439

Výpočet účinností kolektorů v jednotlivých měsících:

Tabulka 6.8 Střední teplota v době slunečního svitu

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
t_e [°C]	0,78	0,14	4,96	8,44	13,58	16,82	19,36	19,1	13,66	8,2	3,68	0,294

$$\eta = \eta_0 - \frac{a_1 * (t_s - t_e)}{G} - \frac{a_2 * (t_s - t_e)^2}{G} * 100 \quad [\%] \quad (11)$$

$$\eta = 0,776 - \frac{3,293 * (32,5 - 0,78)}{411,6} - \frac{0,011 * (32,5 - 0,78)^2}{411,6} * 100 \quad [\%]$$

$$\eta = 49,5 \quad [\%]$$

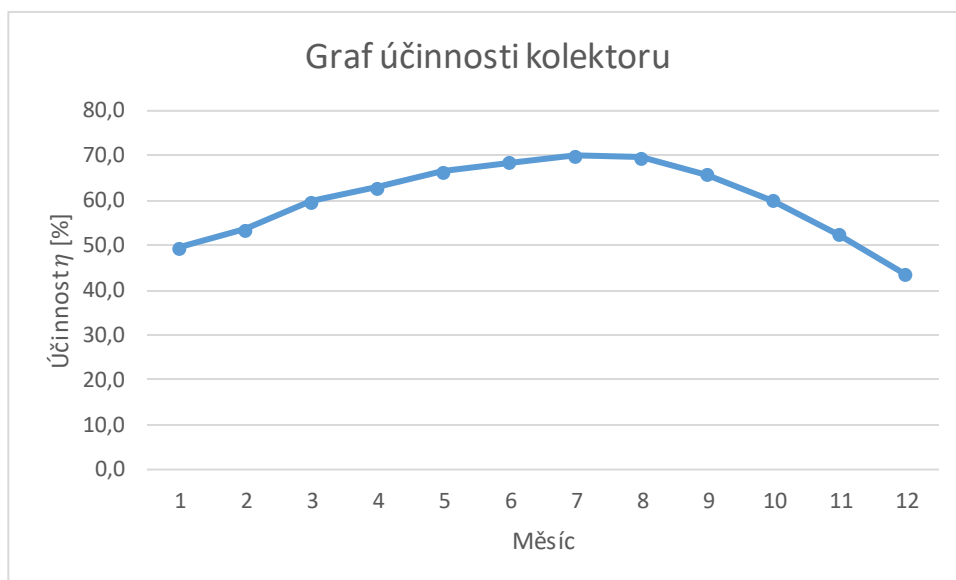
Kde:

- η_0 – konstanty kolektoru [-]
- a_1, a_2 – konstanty kolektoru [W/(m²*K)]
- t_s – průměrná teplota kapaliny v kolektoru [°C]
- t_e – střední teplota v době slunečního svitu [°C]
- G – intenzita slunečního záření [W*m⁻²]

Výpočet opakujeme pro všechny měsíce:

Tabulka 6.9 Účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
η [%]	49,5	53,5	59,9	62,8	66,6	68,4	70,1	69,6	65,8	59,9	52,3	43,4



Graf 6.1 Graf účinnosti kolektoru v závislosti na měsících

6.7. Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru

$$Q_k = \eta * Q_{skut} = 0,495 * 27,54 = 13,63 \quad [kW * h * m^{-2}] \quad (12)$$

Kde:

- η – účinnost kolektorů [-]
- Q_{skut} – skutečná energie dopadající na plochu $[kW * h * m^{-2}]$

Výpočet opakujeme pro všechny měsíce:

Tabulka 6.10 Měrný tepelný zisk kolektoru

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Q_k [kW*h*m ⁻²]	13,64	23,89	36,10	56,22	88,41	89,00	108,91	92,63	56,86	33,90	10,14	6,33

6.8. Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí

Jako měsíc s rovnovážnou energetickou bilancí si volíme měsíc duben, abychom mohli přehřívát bazén už v jarních měsících a prodloužit tak jeho sezonní využití.

6.9. Návrh počtu m² kolektorové plochy

Výpočet potřebné plochy kolektorů:

$$S = \frac{Q_m}{Q_k} = \frac{434,7}{56,22} = 7,73 \quad [m^2] \quad (13)$$

Kde:

- Q_m potřebná energie [kWh*m⁻²]
- Q_k – měrný tepelný zisk kolektoru [kWh*m⁻²]

Návrh počtu kolektorů:

$$n = \frac{S}{S_{absorberu}} = \frac{7,73}{2,29} = 3,38 \quad [ks] \quad (14)$$

Kde:

- S – potřebná plocha absorbéru kolektorů [m²]
- $S_{absorberu}$ – plocha absorbéru kolektoru [m²]

Volíme počet kolektorů 4 ks.

Přepočet kolektorové plochy

$$S' = n * S_{absorberu} = 4 * 2,29 = 9,16 \quad [m^2] \quad (15)$$

Kde:

- n – počet kolektorů [ks]
- $S_{absorberu}$ – plocha absorbéru [m²]

6.10. Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce

Výpočet tepla pro jednotlivé měsíce

$$Q = Q_k * S' = 13,64 * 9,16 = 124,94 \quad [kWh] \quad (16)$$

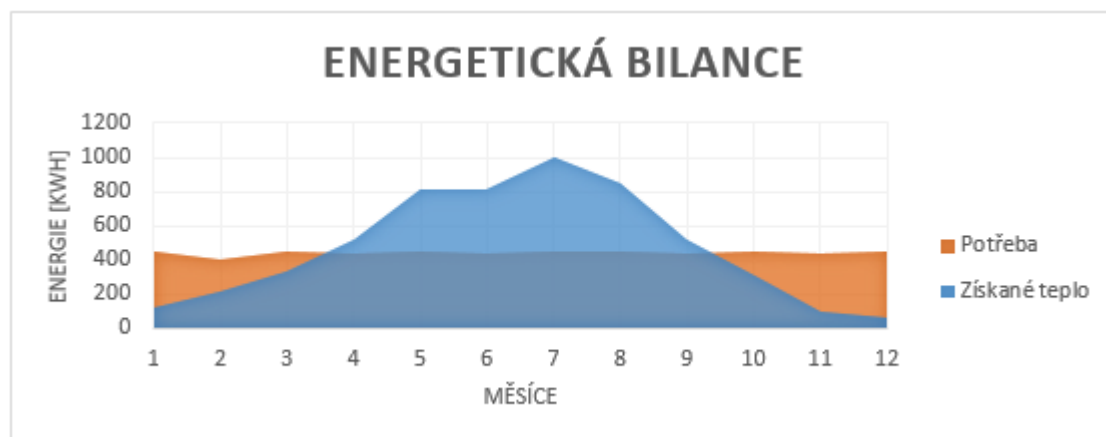
Kde:

- S' – plocha kolektorů [m^2]
- Q_k – tepelný zisk [$kW * h * m^{-2}$]

Výpočet opakujeme pro všechny měsíce:

Tabulka 6.11 Energetická bilance pro jednotlivé měsíce

Měsíc	Q [kWh]	Přebytek [kWh]	Nedostatek [kWh]
I.	124,96	0	324,23
II.	218,79	0	186,93
III.	330,65	0	118,54
IV.	514,96	80,26	0
V.	809,8	360,61	0
VI.	815,26	380,56	0
VII.	997,64	548,45	0
VIII.	848,46	399,27	0
IX.	520,85	86,15	0
X.	310,5	0	138,69
XI.	92,89	0	341,81
XII.	58,03	0	391,16



Graf 6.2 Energetická bilance kolektorů

6.11. Stanovení celoročního zisku solární soustavy

Jelikož bude soustava provozována spolu s bazénem, všechny letní přebytky tepla půjdou na jeho ohřev. Nemusíme proto zastavovat solární ohřev a využijeme všechno získané teplo. Použijeme tento výpočet však pro stanovení velikosti pokrytí celoroční potřeby tepla pro ohřev teplé vody do domu.

Výpočet maximálního celoročního zisku solární soustavy:

$$Q_{max} = \sum_{i=1}^{12} Q_i = 5642,79 \quad [kWh] \quad (17)$$

Kde:

- Q_i – množství získaného tepla v jednotlivých měsících [kWh]

Výpočet velikosti pokrytí celoroční potřeby tepla:

$$f = \frac{Q_{max}}{\sum Q_m} = \frac{5642,79}{7144,06} = 0,79 * 100 = 79 \quad [\%] \quad (18)$$

Kde:

- Q_{skut} – získané teplo [kWh]
- Q_m – potřebné teplo v jednotlivých měsících [kWh]

6.12. Stanovení celoročního zisku soustavy bez nahřívání bazénu

V případě zrušení bazénu je potřeba také vypočítat bilanci pro používání solárního systému bez něj.

Výpočet skutečného celoročního zisku solární soustavy bez příhřevu bazénu:

$$Q_{skut} = \sum_{i=1}^{12} Q_i - \sum_{i=1}^6 Q_{přeb} = 5642,79 - 1855,3 = 3787,49 \quad [kWh] \quad (19)$$

Kde:

- Q_i – získané teplo v jednotlivých měsících [kWh]
- $Q_{přeb}$ – nevyužité teplo v jednotlivých měsících [kWh]

Výpočet velikosti pokrytí celoroční potřeby tepla:

$$f = \frac{Q_{skut}}{\sum Q_m} = \frac{3787,49}{7144,06} = 0,53 * 100 = 53 \quad [\%] \quad (20)$$

Kde:

- Q_{skut} – získané teplo [kWh]
- Q_m – potřebné teplo v jednotlivých měsících [kWh]

6.13. Výpočet měrného celoročního zisku solární soustavy skutečného vztaženého na 1 m² plochy apertury

Výpočet měrného celoročního zisku maximálního:

$$q_{max} = \frac{Q_{max}}{n * S_{apertury}} = \frac{5642,49}{4 * 2,33} = 605,42 \quad [kWh * m^{-2}] \quad (21)$$

Kde:

- Q_{max} – maximální získané teplo [kWh]
- n – počet kolektorů
- $S_{apertury}$ – plocha apertury kolektoru

Výpočet měrného celoročního zisku skutečného:

$$q_{skut} = \frac{Q_{skut}}{n * S_{apertury}} = \frac{3787,49}{4 * 2,33} = 406,38 \quad [kWh * m^{-2}] \quad (22)$$

Kde:

- Q_{skut} – maximální získané teplo [kWh]
- n – počet kolektorů
- $S_{apertury}$ – plocha apertury kolektoru

7. Dispoziční řešení projektu, grafická část

7.1. Stávající stav

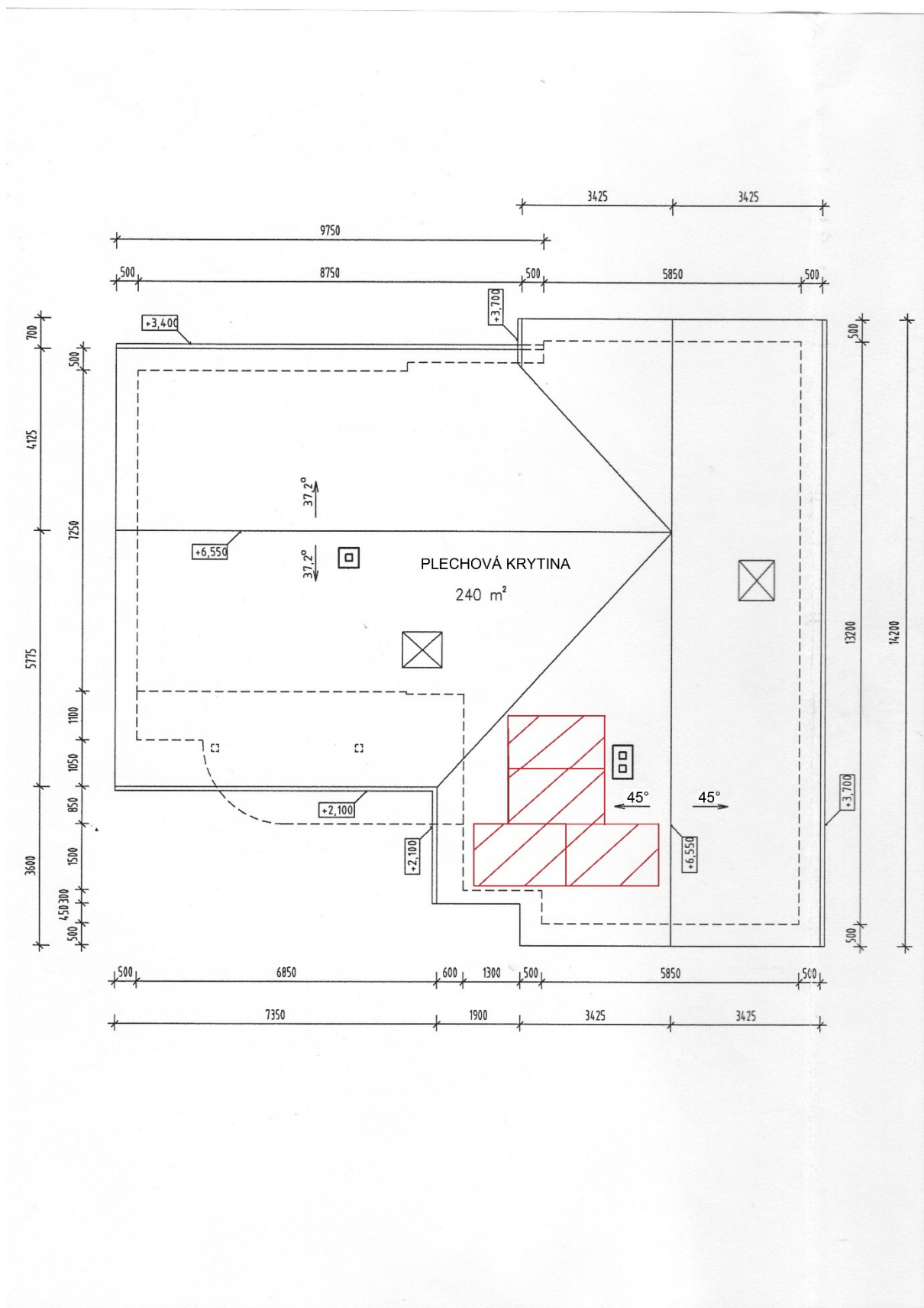
Na přiložených fotkách lze vidět stávající stav způsobu vytápění a ohřevu TUV.



Obrázek 7.1 Stávající kotel na pevná paliva a plynový kotel.



Obrázek 7.2 Stávající bojler, který bude nahrazen novým, dodaným se solárním systémem.



Obrázek 7.3 Návrh řešení uspořádání solárních kolektorů.

Předpokládá se nahrazení kotle na tuhá paliva, úprava kotelny a nákup nové akumulční nádrže. Tato práce se zabývá pouze kalkulací solárního systému, to znamená bez výměny kotle.

7.2. Návrh jednotlivých součástí systému

Vzhledem k faktu, že zpracováváme pouze bakalářskou práci, nebudou jednotlivé části navrhovány. Předpokládá se, že v systému jsou.

8. Stanovení ekonomických přínosů systému

8.1. Cenová kalkulace systému

Abychom byli schopni zjistit, kdy se nám investice vložená do pořízení solárního systému vrátí, musíme vypočítat celkovou cenu systému. Pro systém je také důležité, aby se jeho nákup vyplatil. Vyšlo-li by například, že investice se vrátí až po uplynutí životnosti systému, nemělo by význam celý projekt realizovat.

Hlavní vlivy mají především:

- Životnost systému
- Cena energie
- Vyprodukovaná energie
- Náklady

Vzhledem k tomu, že předmětem bakalářské práce není navrhnout celý systém a solární panely stojí 50 000,- Kč, cenu tedy pouze odhadneme na cca 120 000,- Kč.

8.2. Stanovení ceny energie ze solárního systému

Celoroční zisk solárních kolektorů je 5642 kWh, bez uvažování bazénu jako účelného ohřevu je zisk 3787 kWh. Dle dostupných informací se životnost solárního systému pohybuje okolo 30 let. Za svou životnost tedy solární systém vyprodukuje 169 260 kWh s ohřevem a bez ohřevu 113 610 kWh energie. Při ceně systému 100 000,- Kč vyjde kWh vyrobené energie na 0,59,- Kč s ohřevem a bez ohřevu 0,88,- Kč. Během životnosti systému bude ale nutno vyměnit teplotnosné médium a s vysokou pravděpodobností i čerpadla, vyhoupne se tedy cena na konci životnosti k 120 000,- Kč. Při této ceně vychází cena energie na 0,71,- Kč/kWh s ohřevem a 1,06,-Kč bez ohřevu vody v bazénu.

Tabulka 8.1 Ceny energie pro jednotlivé zdroje uvedené v Kč/kWh platné ke dni 5.5.2011.

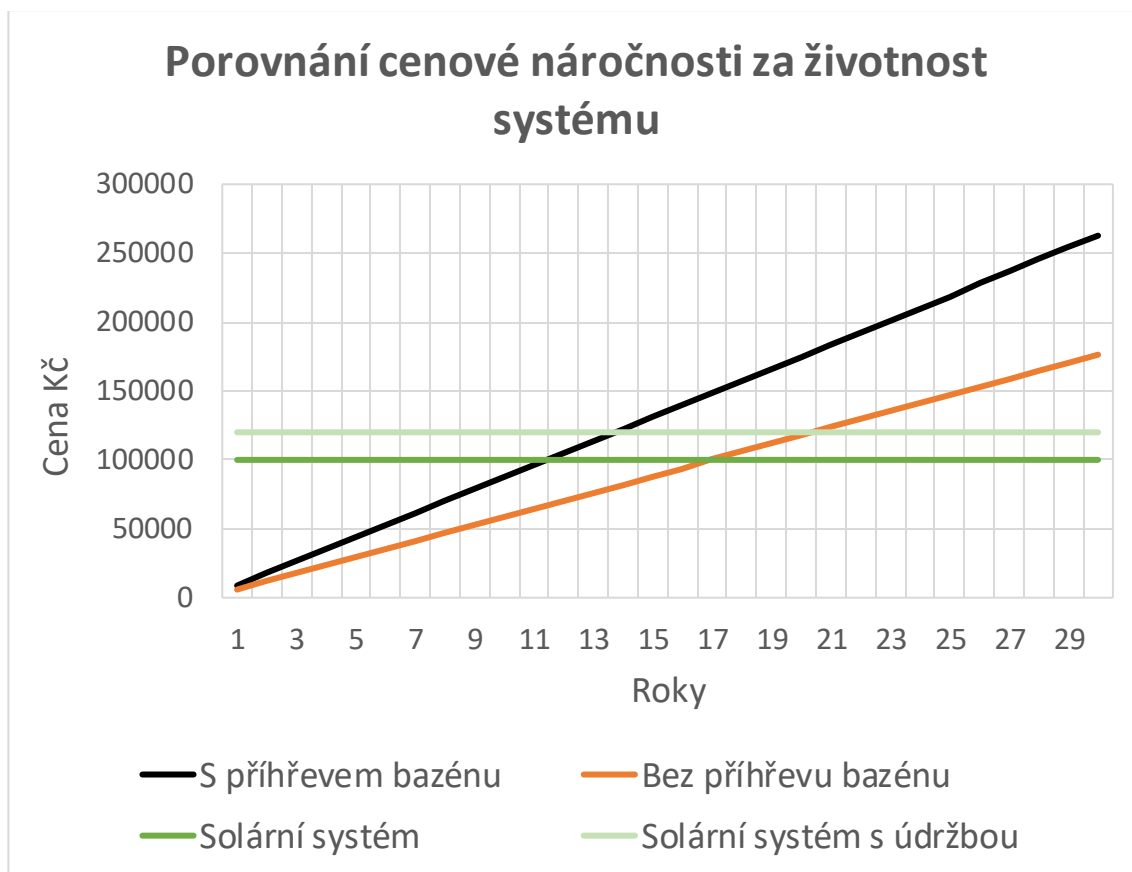
Surovina	výhřevnost	Cena v Kč	Zařízení (účinnost v %)	Cena tepla (Kč/kWh)
Hnědé uhlí	18 MJ/kg	2,9/kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,05
Černé uhlí	23,1MJ/kg	4,8/kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,36
Koks	27,5 MJ/kg	8,5/kg	Klasický kotel na koks (62%)	1,79
Dřevo	14,6 MJ/kg	3,0/kg	Kotel na zplyňování dřeva (72%)	0,99
Dřevěné brikety	17 MJ/kg	4,8/kg	Kotel na zplyňování dřeva (72%)	1,36
Dřevěné pelety	17 MJ/kg	4,7/kg	Kotel na dřevěné pelety (85%)	1,17
Štěpka	12,5 MJ/kg	2,0/kg	Kotel na štěpku (80%)	0,72
Zemní plyn	37,82 MJ/m ³	1,2/kWh	Kotel běžný (89%)	1,68
Elektřina přímotop		2,4/kWh	Přímotopné panely (98%)	2,73
Tepelné čerpadlo		2,4/kWh	Průměrný roční topný faktor 3	1,03

Vzhledem k velkým nárokům na prostor kvůli nutnosti sušení štěpky je tato varianta pro danou stavbu neproveditelná. Ostatní zdroje energie vychází s cenou na kWh draž než náš systém. K dané konfiguraci bychom nicméně doporučili zařadit i ohřev vody pro přitápění, výsledná cena by vyšla ještě lépe a daný projekt by byl mnohem lépe rentabilní.

8.3. Návratnost solárního systému

Je nutno podotknout, že tento výpočet počítá s ohřevem bazénu jako se ziskem, nicméně by nahříván pomocí plynového kotle ani kotle na pevná paliva nebyl. Vychází nám proto zkrácené údaje, které by šly dále vypočítat i s tímto faktorem.

Pro zhodnocení ekonomických vlivů je nutno určit, jaký zdroj by byl na tento účel v domě použit. Počítá se s použitím plynu a černého uhlí v poměru 6:4. Dle tabulky 8.1 by jejich kumulovaná cena vycházela na 1,552 Kč/kWh. S účinností kotlů se uvažuje uvedenou v tabulce 8.1, to je 55 % u kotle na uhlí a 89 % u kotle na plyn.



Graf 8.1 Návrh solárního systému v porovnání s používaným palivem.

Z grafu 8.2 vyplývá, že při zachování stávající topné směsi a při přehřívání bazénu jako energetického zisku by byla návratnost systému zhruba 11 let, bez uvažování tohoto přínosu by byla návratnost 17 let. Dále pak, když započítáme předpokládané opravy vychází doba návratnosti na 13,5 roku nebo 20,5 let v případě bez bazénu.

Vzhledem k rostoucí tendenci ceny energií však vzhledem k stáří dat lze usoudit, že skutečná tímto způsobem vypočtená doba návratnosti by byla nižší. V praxi však závisí také na skutečné výtěžnosti solárních kolektorů, která nejde nijak předpovědět.

9. Stanovení ekologických přínosů systému

Vzhledem k dnešnímu pohledu na svět, který se má stát co nejčistějším v produkování energie se jeví solární systém jako jeden z těchto způsobů. Vzhledem k jeho nulovým emisím v době užívání je tento systém pro takové aplikace velice vhodný.

Při používání konvenčních zdrojů energie vzniká velké množství emisí. Zaměříme se proto na stanovení ekologické výhodnosti systému.

Tabulka 9.1 Emise CO₂ vyprodukované při spalování vybraných paliv za dobu životnosti systému (30 let)

Uhlí [kWh/kg]	spálené uhlí [kg]	CO[t]
6,4	10578,75	476,04
Zemní plyn [kWh/m ³]	spálený zemní plyn [kg]	CO[t]
10,5	9672	3,10
Směs paliva		CO[t]
		479,14

Z přiložené tabulky vyplývá, že za dobu životnosti systému, která je stanovena na 30 let ušetří tento systém ovzduší o 192 tun CO₂, které nebudou do ovzduší vypuštěny. Tyto hodnoty jsou stanoveny tak, že celková vyprodukovaná energie 169 260 kWh, se rozdělí v poměru pro daná paliva a jednotlivě se z nich vypočítá výsledná produkce CO₂, která se poté sečte.

Tabulka 9.2 Emise CO₂ vyprodukované při spalování vybraných paliv za rok

Uhlí [kWh/kg]	spálené uhlí [kg]	CO ₂ [t]
6,4	352,63	15,87
Zemní plyn [kWh/m ³]	spálený zemní plyn [m ³]	CO ₂ [t]
10,5	322,4	0,10
Směs paliva		CO ₂ [t]
		15,97

Z tabulky 9.2 vyplývá, že za jeden rok ušetří tento systém ovzduší o 16 tun CO₂.

10. Závěr

V práci byl proveden návrh a výpočet solárních kolektorů pro solární systém, který se bude aplikovat na konkrétní rodinný dům obývaný čtyřmi lidmi. Tyto panely mají za úkol ohřát nebo přehřát teplou pitnou vodu a v letních měsících zvětšit komfort při užívání venkovního nekrytého bazénu.

Dle provedených výpočtů má tento systém návratnost přibližně 11 let. Při životnosti okolo 30 let je to smysluplná volba pro řešení. Z různých prognóz nelze očekávat výrazné zlevnění současných typů paliv, ve výsledku se tedy náklady na toto řešení vrátí za dobu své životnosti třikrát.

Jako výrazný přínos tohoto řešení lze také vypíchnout výrazné snížení emisí CO₂, na které se v dnešním světě klade velký důraz. Můžeme tedy říct, že po ekologické stránce při zanedbání výrobních a přepravních emisí, které jsou v poměru s vyprodukovanou energií mizivé, se jedná opravdu o čistý a nevyčerpatelný zdroj energie.

S úctou si dovoluji poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Mojmíru Vrtkovi, Ph. D. za veškerou odbornou pomoc, vedení a připomínky k této bakalářské práci.

Zdroje

- [1] Zapojení solárního systému do topné soustavy rodinného domu. *Solární systémy a pro přitápění a výrobu teplé užitkové vody, Krby, kotle na tuhá paliva, pelety, elektrokotle, plynové kotle, tepelná čerpadla, klimatizace*. [online] Dostupné z: <http://www.solarpraha.cz/zapojeni/>
- [2] BUFKA, A. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Specializované zprávy o výsledcích statistického zjišťování o solárních kolektorech za roky 2005 až 2008. Dostupné z WWW: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/>.
- [3] TZB info [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Typy solárních kolektorů. Dostupné z WWW: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>.
- [4] SPATE, Frank; LADENER, Heinz. Solární zařízení. Praha: Grada, 2003. 268 s
- [5] RAMLOW, Bob; NUSZ, Benjamin. Solar Water Heating : Revised & Expanded Edition: A Comprehensive Guide to Solar Water and Space Heating Systems (Mother Earth News Wiser Living Series). Canada : New Society Publishers, 2010. 268 s
- [6] Solární systémy. *Solární ohřev vody - Solární systémy* [online]. Copyright 2013 [cit. 07.05.2017]. Dostupné z: <http://www.solarni-system.eu/ohrev-vody-pritapeni-a-ohrev-bazenu>
- [7] TZB info [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Prvky solárních soustav. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3626-prvky-solarnich-soustav-iv>.
- [8] TZB info [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Trendy v solární tepelné technice. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/2799-trendy-v-solarni-tepelne-technice-v-zasobniky-tepla>.
- [9] TZB info [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Prvky solárních soustav. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3418-prvky-solarnich-soustav-i>.
- [10] THEMESSEL, Armin; WEISS, Werner. Solární systémy: Návrhy a stavba svépomocí. Praha: Grada, 2005. 120 s. ISBN 80-247-0589-3.
- [11] HEŘMANOVSKÝ, Bedřich; ŠOTL, Ivan. Energie pro 21. století. Praha: ČVUT, 1992. 89 s.
- [12] MACHYNKA, Petr. Kaskádové zapojení kotlů v kombinaci se solárním vytápěním. Bno, 2001. 69 s. Diplomová práce. VUT FAST.
- [13] CIHELKA, Jaromír. Solární tepelná technika. Praha: Nakladatelství T. Malina, 1994. 203 s.
- [14] TZB Info [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Dimenzování solárních soustav. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/4214-dimenzovani-solarnich-soustav-i>.
- [15] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách: Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. [s.l.]: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.9.2006. 20 s.

- [16] Thermosolar [online]. 2010 [cit. 2011-05-08]. Thermosolar. Dostupné z WWW: <http://www.thermosolar.cz/>
- [17] Směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov
- [18] TZB Info [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Stavíme energetický úsporný dům. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/1658-stavime-energeticky-usporny-dum-iii>
- [19] Jak ohřívat vodu sluncem, které solární kolektory instalovat – Energie a vytápění *iReceptář – Oficiální stránky časopisu Receptář* - www.iReceptar.cz [online]. Copyright 2017 [cit. 09.05.2017]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/energie-a-vytapeni/jak-ohrivat-vodu-sluncem-ktere-solarni-kolektory-instalovat/>
- [20] TZB Info [online]. 2001-2011 [cit. 2011-05-08]. Solární ohřev bazénové vody. Dostupné z WWW: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/139-solarni-ohrev-bazenove-vody>
- [21] Matematické, fyzikální a chemické tabulky. Praha: Prométheus, 1988. 206 s.
- [22] Portál ČHMÚ : Home. *Portál ČHMÚ : Home* [online]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>
- [23] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva [online]. c2001 [cit. 2008-05-11]. Dostupný z WWW: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- [24] Regulus: Tepelná čerpadla, solární panely a systémy. *Regulus : Tepelná čerpadla, solární panely a systémy* [online]. Copyright Regulus s.r.o. 2015 [cit. 09.05.2017] Dostupné z: <http://www.regulus.cz/>
- [25] CENKA, Miroslav. Obnovitelné zdroje energie. 2.dopl.vyd. Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2001. 208 s.
- [26] THEMESSEL, Armin; WEISS, Werner. Solární systémy: Návrh a stavba svépomoci. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing a.s., 2005. 120 s
- [27] VOLKER, Quaschnig. Obnovitelné zdroje energie. Praha: Grada Publishing a.s., 2010. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [28] TYWONIAK, Tywoniak Jan. Nízkoenergetické domy 2: Principy a příklady. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. 204 s.
- [29] MATUŠKA, Tomáš. Solární soustavy: pro bytové domy. Praha: Grada Publishing a.s., 2010. 136 s. ISBN 978-80-247-3503-0.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Toky energie na Zemi [4]	12
Obrázek 2.2 Podíl difuzního záření na přímém v České republice [10].....	13
Obrázek 3.1 Schéma zapojení bazénového kolektoru [19]	16
Obrázek 4.1 Rozdělení solárních kolektorů [3]	18
Obrázek 4.2 Možnosti propojení více kolektorů [4]	20
Obrázek 4.3 Odběr a přívod teplé a studené vody (A - špatně, B,C - dobře) [7]	22
Obrázek 4.4 Různé způsoby řízení teplotního vrstvení. [8]	22
Obrázek 4.5: Výroba TUV solárním panelem a následný dohřev ve stávajícím zásobníku a ohřev vody v bazénu [1]	26
Obrázek 4.6: Výroba TUV, solární kolektory, plynový kotel (elektrický kotel, tepelné čerpadlo, topná soustava) a ohřev vody v bazénu [1].....	27
Obrázek 5.1 Mapa Palkovice	28
Obrázek 5.2 Roční úhrn slunečního svitu se znázorněním oblasti [22]	29
Obrázek 5.3 Roční úhrn globálního záření v Palkovicích [22]	29
Obrázek 6.1 Technický list solárního kolektoru [24].....	38
Obrázek 6.2 Technický list solárního kolektoru [24].....	39
Obrázek 7.1 Stávající kotel na pevná paliva a plynový kotel.	48
Obrázek 7.2 Stávající bojler, který bude nahrazen novým, dodaným se solárním systémem.....	48
Obrázek 7.3 Návrh řešení uspořádání solárních kolektorů.	49

Seznam tabulek

Tabulka 6.1 Průměrné měsíční součinitele Z pro oblasti s rozdílnou čistotou ovzduší ve střední Evropě [13]	31
Tabulka 6.2: Teoretická denní dávka ozáření plochy platí pro 50° severní šířky. [13] ...	33
Tabulka 6.3: Poměrná doba slunečního svitu t_r pro oblast Ostrava [13]	35
Tabulka 6.4 Množství potřebné vody za měsíc	36
Tabulka 6.5 Množství potřebné energie na ohřátí pitné vody	37
Tabulka 6.6 Teoretická hodnota slunečního svitu v charakteristických dnech jednotlivých měsíců [13]	40
Tabulka 6.7 Intenzita slunečního záření v jednotlivých měsících	41
Tabulka 6.8 Střední teplota v době slunečního svitu	41
Tabulka 6.9 Účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících	42
Tabulka 6.10 Měrný tepelný zisk kolektoru	42
Tabulka 6.11 Energetická bilance pro jednotlivé měsíce	44
Tabulka 8.1 Ceny energie pro jednotlivé zdroje uvedené v Kč/kWh platné ke dni 5.5.2011	52
Tabulka 9.1 Emise CO_2 vyprodukované při spalování vybraných paliv za dobu životnosti systému (30 let)	54
Tabulka 9.2 Emise CO_2 vyprodukované při spalování vybraných paliv za rok	54

Seznam grafů

Graf 6.1 Graf účinnosti kolektoru v závislosti na měsících.....	42
Graf 6.2 Energetická bilance kolektorů	44
Graf 8.1 Návratnost solárního systému v porovnání s používaným palivem.....	53

Seznam vzorců

(1)	Skutečná denní dávka ozáření plochy $H_{T,den}$	33
(2)	Skutečná denní dávka ozáření plochy $H_{T,den,dif}$	35
(3)	Výpočet skutečné energie dopadající na plochu.....	35
(4)	Výpočet skutečné energie dopadající na plochu.....	35
(5)	Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu teplé vody.....	36
(6)	Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu teplé vody.....	36
(7)	Stanovení potřeby energie na měsíc.....	36
(8)	Rovnice účinnostní charakteristiky kolektoru.....	40
(9)	Stanovení střední teploty kolektoru t_{stf}	40
(10)	Výpočet intenzity slunečního záření v jednotlivých měsících.....	40
(11)	Výpočet účinností kolektorů v jednotlivých měsících.....	41
(12)	Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru.....	42
(13)	Výpočet potřebné plochy kolektorů.....	43
(14)	Návrh počtu kolektorů.....	43
(15)	Přepočet kolektorové plochy.....	43
(16)	Výpočet tepla pro jednotlivé měsíce.....	44
(17)	Výpočet maximálního celoročního zisku solární soustavy.....	45
(18)	Výpočet velikosti pokrytí celoroční potřeby tepla.....	45
(19)	Výpočet skutečného celoročního zisku solární soustavy bez příhřevu bazénu.....	46
(20)	Výpočet velikosti pokrytí celoroční potřeby tepla.....	46

(21)	Výpočet měrného celoročního zisku maximálního.....	46
(22)	Výpočet měrného celoročního zisku skutečného.....	47

Seznam příloh

Příloha 1: Schéma zapojení solárního systému.....	64
---------------------------------------------------	----

Příloha 1: Schéma zapojení solárního systému [6]

